

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-345867

(43)Date of publication of application : 14.12.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/68

(21)Application number : 10-170633

(71)Applicant : DAINIPPON SCREEN MFG CO LTD

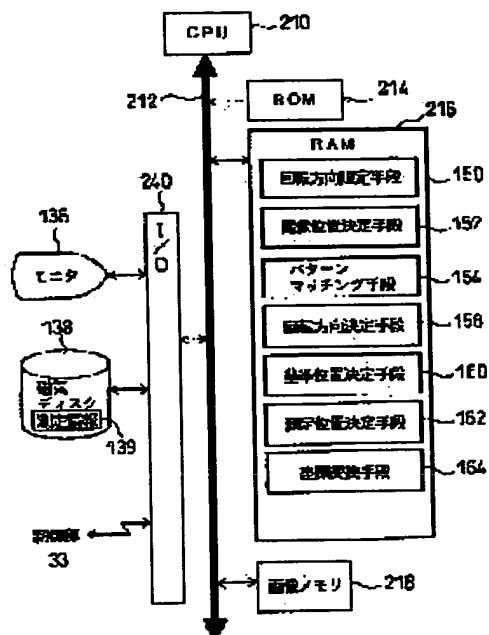
(22)Date of filing : 02.06.1998

(72)Inventor : ATSUTA HITOSHI

**(54) METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING ROTATING DIRECTION OF WAFER AND WAFER MEASURING POSITION****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To determine the accurate measuring point of a wafer, by determining the candidate of the wafer reference direction from the multiplicity of rotational symmetry, setting one candidate direction selected when the multiplicity is 1 as the reference direction, performing matching process by using the template image when the multiplicity is 2 or more and specifying the one adequate reference direction.

**SOLUTION:** The image to be processed received by a rotating-direction limiting means 150 and a pattern-matching means 154 and a reference-lamp rate image are used, and a reference candidate point which becomes the reference point of a wafer to be measured is obtained. When the reference template image without rotational symmetry wherein the multiplicity (n) of the rotational symmetry is 1 is used, the selected one candidate direction is specified as the reference direction. When the reference plate image having the rotational symmetry wherein (n) is 2 or more is used, the number of the rotational plates of image ( $360^\circ/10^\circ/n$ ) used in pattern matching is limited. Then, one adequate reference direction is specified from a plurality of the candidates by the pattern matching.



BEST AVAILABLE COPY

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 16.05.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than abandonment the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application] 02.05.2006

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

(11)特許出願公開番号

特開平11-345867

(43)公開日 平成11年(1999)12月14日

M

H O 1 L 21/68

審査請求 未請求 請求項の数8 FD (全 25 頁)

京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1

京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神  
北町1番地の1 大日本スクリーン製造株  
式会社内

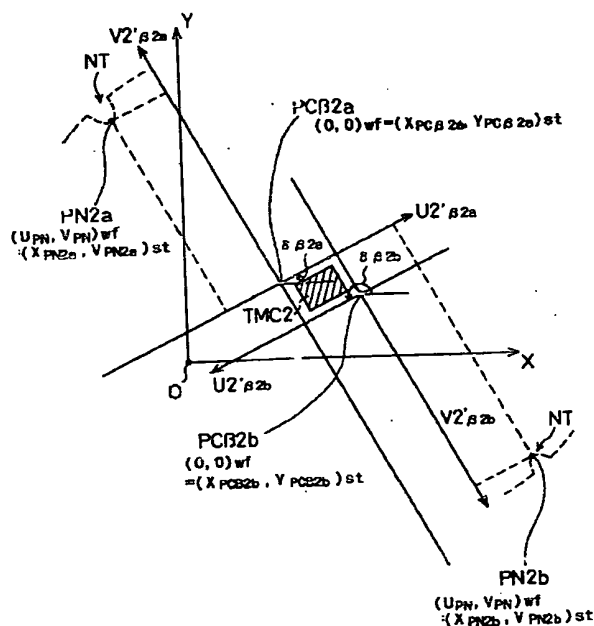
(74) 代理人 弁理士 下出 隆史 (外2名)

(54)【発明の名称】 ウェハの回転方向決定方法およびその装置、並びに、ウェハの測定位置決定方法およびその装置

(57) 【要約】

【課題】 ウェハの回転方向を特定することができる技術を提供する。

【解決手段】 ウェハ保持部で任意の回転方向で保持されたウェハの回転方向を決定するために、ウェハの中央付近に存在する基準パターンを含む第1のテンプレート画像と、第1のテンプレート画像の回転対称性情報と、回転方向を示すノッチを含む第2のテンプレート画像と、を含む回転方向に関する情報を予め準備する。次に、被測定ウェハの中央近傍において基準パターンを含む処理対象画像を撮像し、処理対象画像と第1のテンプレート画像との間でパターンマッチングを行い、処理対象画像内において第1のテンプレート画像と一致するマッチング画像の方向を決定する。マッチング画像の方向と回転対称性情報とから、ウェハの回転方向について1つ以上の候補方向を選び、回転対称性情報に応じて候補方向の中から1つの方向を回転方向として決定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ウェハ保持部に保持されたウェハの回転方向を決定する方法であって、(a)前記ウェハ上の第1の所定位置の近傍に存在して回転対称性を有する第1の基準パターンを含む第1のテンプレート画像と、前記第1の基準パターンの回転対称の回数 $n$ を示す回転対称性情報と、を予め準備する工程と、(b)前記ウェハ上の第2の所定位置の近傍に存在する第2の基準パターンを含む第2のテンプレート画像を予め準備する工程と、(c)前記ウェハ保持部に保持された状態で前記ウェハ上の前記第1の所定位置の近傍において第1の処理対象画像を撮像する工程と、(d)前記第1の処理対象画像内において前記第1のテンプレート画像と一致するマッチング画像の方向を決定する工程と、(e)前記マッチング画像の方向と前記回転対称性情報とから、前記ウェハの基準方向として $n$ 個の候補方向を決定する工程と、(f)前記回転対称の回数 $n$ が1の場合には、前記候補方向を前記基準方向として選択し、前記回転対称の回数 $n$ が2以上の場合には、前記 $n$ 個の候補方向から、前記ウェハ上の前記第2の所定位置を推定し、推定された前記第2の所定位置の近傍において第2の処理対象画像を撮像し、前記第2の処理対象画像に関して前記第2のテンプレート画像を用いたパターンマッチングを行うことによって、前記 $n$ 個の候補方向の中から前記基準方向として適切な1つの方向を選択する工程と、を備えることを特徴とするウェハの回転方向決定方法。

【請求項2】 請求項1記載のウェハの回転方向決定方法であって、

前記第1の所定位置は、前記ウェハの中心位置であり、前記第2の所定位置は、前記ウェハの外縁上の位置であり、

前記第2の基準パターンは、前記ウェハの外縁に形成されたノッチである、ウェハの回転方向決定方法。

【請求項3】 ウェハの回転方向を決定する装置であって、

前記ウェハの表面に平行な平面内における前記ウェハの位置に関しては所定の誤差範囲内で保持し得るウェハ保持部と、

前記ウェハ保持部に保持された前記ウェハ上の画像を撮像する撮像部と、

前記ウェハ上の第1の所定位置の近傍に存在して回転対称性を有する第1の基準パターンを含む第1のテンプレート画像と、前記第1の基準パターンの回転対称の回数 $n$ を示す回転対称性情報と、前記ウェハ上の第2の所定位置の近傍に存在する第2の基準パターンを含む第2のテンプレート画像と、を記憶するメモリと、

前記ウェハ上の前記第1の所定位置の近傍において撮像された第1の処理対象画像内において前記第1のテンプレート画像と一致するマッチング画像の方向を決定する

パターンマッチング部と、

前記マッチング画像の方向と前記回転対称性情報とから、前記ウェハの基準方向として $n$ 個の候補方向を決定する候補方向決定部と、

前記回転対称の回数 $n$ が1の場合には、前記候補方向を前記基準方向として選択し、一方、前記回転対称の回数 $n$ が2以上の場合には、前記 $n$ 個の候補方向から、前記ウェハ上の前記第2の所定位置を推定し、推定された前記第2の所定位置の近傍において撮像された第2の処理対象画像に関して前記第2のテンプレート画像を用いたパターンマッチングを行うことによって、前記 $n$ 個の候補方向の中から前記基準方向として適切な1つの方向を選択する基準方向決定部と、を備えることを特徴とするウェハの回転方向決定装置。

【請求項4】 請求項3記載のウェハの回転方向決定装置であって、

前記第1の所定位置は、前記ウェハの中心位置であり、前記第2の所定位置は、前記ウェハの外縁上の位置であり、

前記第2の基準パターンは、前記ウェハの外縁に形成されたノッチである、ウェハの回転方向決定装置。

【請求項5】 ウェハ保持部に保持された被測定ウェハ上の測定点の位置を決定する方法であって、(a)前記被測定ウェハ上の第1の所定位置の近傍に存在して回転対称性を有する第1の基準パターンを含む第1のテンプレート画像と、前記第1の基準パターンの回転対称の回数 $n$ を示す回転対称性情報と、前記被測定ウェハ上における前記第1の基準パターンの位置と前記被測定ウェハ上の所定の基準点との位置関係を示す基準点位置情報と、前記被測定ウェハ上における測定点の位置を示す測定点位置情報と、を予め準備する工程と、(b)前記被測定ウェハ上の第2の所定位置の近傍に存在する第2の基準パターンを含む第2のテンプレート画像を予め準備する工程と、(c)前記ウェハ保持部に保持された状態で前記被測定ウェハ上の前記第1の所定位置の近傍において第1の処理対象画像を撮像する工程と、(d)前記第1の処理対象画像内において前記第1のテンプレート画像と一致するマッチング画像の位置と方向とを決定する工程と、(e)前記マッチング画像の方向と前記回転対称性情報とから、前記被測定ウェハの基準方向として $n$ 個の候補方向を決定する工程と、(f)前記回転対称の回数 $n$ が1の場合には、前記候補方向を前記基準方向として選択し、

前記回転対称の回数 $n$ が2以上の場合には、前記マッチング画像の位置と前記 $n$ 個の候補方向とから、前記被測定ウェハ上の前記第2の所定位置を推定し、推定された前記第2の所定位置の近傍において第2の処理対象画像を撮像し、前記第2の処理対象画像に関して前記第2のテンプレート画像を用いたパターンマッチングを行うことによって、前記 $n$ 個の候補方向の中から前記基準方向

として適切な1つの方向を選択する工程と、(g)前記工程(f)で決定された前記基準方向と、前記工程

(d)で決定された前記マッチング画像の位置と、前記基準位置情報とから、前記ウェハ保持部に保持された状態における前記被測定ウェハの前記基準点の位置を決定する工程と、(h)前記工程(f)で決定された前記基準方向と、前記工程(g)で決定された前記基準点の位置と、前記測定点位置情報とから、前記ウェハ保持部に保持された状態における前記被測定ウェハ上の前記測定点の位置を決定する工程と、を備えることを特徴とするウェハの測定位置決定方法。

【請求項6】 請求項5記載のウェハの測定位置決定方法であって、

前記第1の所定位置は、前記被測定ウェハの中心位置であり、

前記第2の所定位置は、前記被測定ウェハの外縁上の位置であり、

前記第2の基準パターンは、前記被測定ウェハの外縁に形成されたノッチである、ウェハの測定位置決定方法。

【請求項7】 被測定ウェハ上の測定点の位置を決定する装置であって、

前記被測定ウェハの表面に平行な平面内における前記被測定ウェハの位置に関しては所定の誤差範囲内で保持し得るウェハ保持部と、

前記ウェハ保持部に保持された前記被測定ウェハ上の画像を撮像する撮像部と、

前記被測定ウェハ上の第1の所定位置の近傍に存在して回転対称性を有する第1の基準パターンを含む第1のテンプレート画像と、前記第1の基準パターンの回転対称の回数 $n$ を示す回転対称性情報と、前記被測定ウェハ上における前記第1の基準パターンの位置と前記被測定ウェハ上の所定の基準点との位置関係を示す基準点位置情報と、前記被測定ウェハ上における測定点の位置を示す測定点位置情報と、前記被測定ウェハ上の第2の所定位置の近傍に存在する第2の基準パターンを含む第2のテンプレート画像と、を記憶するメモリと、

前記被測定ウェハ上の前記第1の所定位置の近傍において撮像された第1の処理対象画像内において前記第1のテンプレート画像と一致するマッチング画像の位置と方向とを決定するパターンマッチング部と、

前記マッチング画像の方向と前記回転対称性情報とから、前記被測定ウェハの基準方向として $n$ 個の候補方向を決定する候補方向決定部と、

前記回転対称の回数 $n$ が1の場合には、前記候補方向を前記基準方向として選択し、一方、前記回転対称の回数 $n$ が2以上の場合には、前記マッチング画像の位置と前記 $n$ 個の候補方向とから、前記被測定ウェハ上の前記第2の所定位置を推定し、推定された前記第2の所定位置の近傍において撮像された第2の処理対象画像に関して前記第2のテンプレート画像を用いたパターンマッチン

グを行うことによって、前記 $n$ 個の候補方向の中から前記基準方向として適切な1つの方向を選択する基準方向決定部と、

前記基準方向決定部で決定された前記基準方向と、前記パターンマッチング部で決定された前記マッチング画像の位置と、前記基準位置情報とから、前記ウェハ保持部に保持された状態における前記被測定ウェハの前記基準点の位置を決定する基準位置決定部と、

前記基準方向決定部で決定された前記基準方向と、前記基準位置決定部で決定された前記基準点の位置と、前記測定点位置情報とから、前記ウェハ保持部に保持された状態における前記被測定ウェハ上の前記測定点の位置を決定する測定位置決定部と、を備えることを特徴とするウェハの測定位置決定装置。

【請求項8】 請求項7記載のウェハの測定位置決定装置であって、

前記第1の所定位置は、前記被測定ウェハの中心位置であり、

前記第2の所定位置は、前記被測定ウェハの外縁上の位置であり、

前記第2の基準パターンは、前記被測定ウェハの外縁に形成されたノッチである、ウェハの測定位置決定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ウェハの測定位置を決定する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体ウェハは、その製造工程において種々の測定装置によって測定が行われる。測定処理の際には、ウェハ上の予め定められた測定点に測定プローブ（光学素子や電極等）を正確に位置決めする「位置合わせ処理（アライメント処理）」が行われる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、測定装置にウェハをセットすると、測定装置の測定系に対してウェハの向き（ウェハの回転方向）や位置（ウェハの中心位置）は、常に一定の状態でセットされるとは限らず、この場合には、ウェハ上の測定点の座標はウェハ毎に異なる値になってしまうという問題があった。

【0004】本発明は、従来技術におけるこのような課題を解決するためになされたものであり、ウェハの向きを決定することができる技術を提供することを第1の目的とする。また、ウェハの向きや位置を特定してウェハ上の正確な測定点を決定することができる技術を提供することを第2の目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】上述の課題の少なくとも一部を解決するため、この発明の第1の方法は、ウェハ保持部に保持されたウェハの回転方向を決定する方法であって、(a)前記ウェハ上の第

1の所定位置の近傍に存在して回転対称性を有する第1の基準パターンを含む第1のテンプレート画像と、前記第1の基準パターンの回転対称の回数 $n$ を示す回転対称性情報と、を予め準備する工程と、(b)前記ウェハ上の第2の所定位置の近傍に存在する第2の基準パターンを含む第2のテンプレート画像を予め準備する工程と、(c)前記ウェハ保持部に保持された状態で前記ウェハ上の前記第1の所定位置の近傍において第1の処理対象画像を撮像する工程と、(d)前記第1の処理対象画像内において前記第1のテンプレート画像と一致するマッチング画像の方向を決定する工程と、(e)前記マッチング画像の方向と前記回転対称性情報とから、前記ウェハの基準方向として $n$ 個の候補方向を決定する工程と、(f)前記回転対称の回数 $n$ が1の場合には、前記候補方向を前記基準方向として選択し、前記回転対称の回数 $n$ が2以上の場合には、前記 $n$ 個の候補方向から、前記ウェハ上の前記第2の所定位置を推定し、推定された前記第2の所定位置の近傍において第2の処理対象画像を撮像し、前記第2の処理対象画像に関して前記第2のテンプレート画像を用いたパターンマッチングを行うことによって、前記 $n$ 個の候補方向の中から前記基準方向として適切な1つの方向を選択する工程と、を備えることを特徴とする。

【0006】上記のウェハの回転方向決定方法では、ウェハの基準方向を示す第2の基準パターンの存在する方向を限定できる第1の基準パターンを含む第1のテンプレート画像を用いてウェハ上の第1の処理対象画像とパターンマッチングを行っている。このパターンマッチングの結果から、ウェハの基準方向の候補方向を $n$ 個選定できるとともに、工程(f)において、第1のテンプレート画像の回転対称性情報に応じて $n$ 個の候補方向の中から1つの候補方向を特定することができる。すなわち、第1のテンプレート画像の回転対称性の回数が1の場合には、選定された1つの候補方向を基準方向として特定できる。また、 $n$ が2以上の場合には、選定された複数の候補方向から第2の基準パターンを含むと推定されるいくつかの領域において、第2のテンプレート画像を用いてパターンマッチングを行い、パターンマッチングの結果に基づいて1つの基準方向を特定することができる。こうすれば、ウェハ保持部に保持されたウェハ上の回転方向を正確に決定することが可能となる。

【0007】上記のウェハの回転方向決定方法において、前記第1の所定位置は、前記ウェハの中心位置であり、前記第2の所定位置は、前記ウェハの外縁上の位置であり、前記第2の基準パターンは、前記ウェハの外縁に形成されたノッチであることが好ましい。

【0008】このように、ウェハの中心位置を第1の所定位置とすれば、第1の基準パターンを容易に決定することができ、また、工程(c)において第1の処理対象画像を容易に撮像することが可能となる。さらに、第2

の基準パターンとしてウェハの外縁の第2の所定位置に形成されたノッチを採用すれば、ウェハの回転方向を容易に特定できる。

【0009】本発明の第1の装置は、ウェハの回転方向を決定する装置であって、前記ウェハの表面に平行な平面内における前記ウェハの位置に関しては所定の誤差範囲内で保持し得るウェハ保持部と、前記ウェハ保持部に保持された前記ウェハ上の画像を撮像する撮像部と、前記ウェハ上の第1の所定位置の近傍に存在して回転対称性を有する第1の基準パターンを含む第1のテンプレート画像と、前記第1の基準パターンの回転対称の回数 $n$ を示す回転対称性情報と、前記ウェハ上の第2の所定位置の近傍に存在する第2の基準パターンを含む第2のテンプレート画像と、を記憶するメモリと、前記ウェハ上の前記第1の所定位置の近傍において撮像された第1の処理対象画像内において前記第1のテンプレート画像と一致するマッチング画像の方向を決定するパターンマッチング部と、前記マッチング画像の方向と前記回転対称性情報とから、前記ウェハの基準方向として $n$ 個の候補方向を決定する候補方向決定部と、前記回転対称の回数 $n$ が1の場合には、前記候補方向を前記基準方向として選択し、一方、前記回転対称の回数 $n$ が2以上の場合には、前記 $n$ 個の候補方向から、前記ウェハ上の前記第2の所定位置を推定し、推定された前記第2の所定位置の近傍において撮像された第2の処理対象画像に関して前記第2のテンプレート画像を用いたパターンマッチングを行うことによって、前記 $n$ 個の候補方向の中から前記基準方向として適切な1つの方向を選択する基準方向決定部と、を備えることを特徴とする。

【0010】上記のウェハの回転方向決定装置では、ウェハを所定の誤差範囲内で保持し得るウェハ保持部を備えているので、撮像部によって、ウェハの所望の位置を容易に撮像することができる。このような装置を用いれば、上記第1の方法と同様に、ウェハ上の正確な回転方向を決定することができる。すなわち、パターンマッチング部は、ウェハの基準方向を示す第2の基準パターンの存在する方向を限定できる第1の基準パターンを含む第1のテンプレート画像を用いてウェハ上の第1の処理対象画像とパターンマッチングを行う。このパターンマッチングの結果から、候補方向決定部は、ウェハの基準方向の候補方向を $n$ 個選定することができる。また、基準方向決定部は、第1のテンプレート画像の回転対称性情報に応じて $n$ 個の候補方向の中から1つの候補方向を特定することができる。

【0011】上記のウェハの回転方向決定装置において、前記第1の所定位置は、前記ウェハの中心位置であり、前記第2の所定位置は、前記ウェハの外縁上の位置であり、前記第2の基準パターンは、前記ウェハの外縁に形成されたノッチであることが好ましい。

【0012】このように、ウェハの中心位置を第1の所

定位置とすれば、第1の基準パターンを容易に決定することができ、撮像部において第1の処理対象画像を容易に撮像することが可能となる。さらに、第2の基準パターンとしてウェハの外縁の第2の所定位置に形成されたノッチを採用すれば、基準方向決定部においてウェハの回転方向を容易に特定できる。

【0013】本発明の第2の方法は、ウェハ保持部に保持された被測定ウェハ上の測定点の位置を決定する方法であって、(a)前記被測定ウェハ上の第1の所定位置の近傍に存在して回転対称性を有する第1の基準パターンを含む第1のテンプレート画像と、前記第1の基準パターンの回転対称の回数 $n$ を示す回転対称性情報と、前記被測定ウェハ上における前記第1の基準パターンの位置と前記被測定ウェハ上の所定の基準点との位置関係を示す基準点位置情報と、前記被測定ウェハ上における測定点の位置を示す測定点位置情報と、を予め準備する工程と、(b)前記被測定ウェハ上の第2の所定位置の近傍に存在する第2の基準パターンを含む第2のテンプレート画像を予め準備する工程と、(c)前記ウェハ保持部に保持された状態で前記被測定ウェハ上の前記第1の所定位置の近傍において第1の処理対象画像を撮像する工程と、(d)前記第1の処理対象画像内において前記第1のテンプレート画像と一致するマッチング画像の位置と方向とを決定する工程と、(e)前記マッチング画像の方向と前記回転対称性情報とから、前記被測定ウェハの基準方向として $n$ 個の候補方向を決定する工程と、(f)前記回転対称の回数 $n$ が1の場合には、前記候補方向を前記基準方向として選択し、前記回転対称の回数 $n$ が2以上の場合には、前記マッチング画像の位置と前記 $n$ 個の候補方向とから、前記被測定ウェハ上の前記第2の所定位置を推定し、推定された前記第2の所定位置の近傍において第2の処理対象画像を撮像し、前記第2の処理対象画像に関して前記第2のテンプレート画像を用いたパターンマッチングを行うことによって、前記 $n$ 個の候補方向の中から前記基準方向として適切な1つの方向を選択する工程と、(g)前記工程(f)で決定された前記基準方向と、前記工程(d)で決定された前記マッチング画像の位置と、前記基準位置情報とから、前記ウェハ保持部に保持された状態における前記被測定ウェハの前記基準点の位置を決定する工程と、(h)前記工程(f)で決定された前記基準方向と、前記工程(g)で決定された前記基準点の位置と、前記測定点位置情報とから、前記ウェハ保持部に保持された状態における前記被測定ウェハ上の前記測定点の位置を決定する工程と、を備えることを特徴とする。

【0014】上記のウェハの測定位置決定方法では、ウェハの基準方向を示す第2の基準パターンの存在する方向を限定できる第1の基準パターンを含む第1のテンプレート画像を用いて被測定ウェハ上の第1の処理対象画像とパターンマッチングを行っている。このパターンマ

ッチングの結果から、被測定ウェハの基準方向の候補方向を $n$ 個選定できるとともに、工程(f)において、第1のテンプレート画像の回転対称性情報に応じて $n$ 個の候補方向の中から1つの候補方向を特定することができる。すなわち、第1のテンプレート画像の回転対称性の回数が1の場合には、選定された1つの候補方向を基準方向として特定できる。また、 $n$ が2以上の場合には、選定された複数の候補方向から第2の基準パターンを含むと推定されるいくつかの領域において、第2のテンプレート画像を用いてパターンマッチングを行い、パターンマッチングの結果に基づいて1つの基準方向を特定することができる。このように特定された基準方向に基づいて、工程(g)において基準点を決定することができるので、ウェハ保持部に保持された被測定ウェハ上の測定点を正確に決定することが可能となる。

【0015】上記のウェハの測定位置決定方法において、前記第1の所定位置は、前記被測定ウェハの中心位置であり、前記第2の所定位置は、前記被測定ウェハの外縁上の位置であり、前記第2の基準パターンは、前記被測定ウェハの外縁に形成されたノッチであることが好ましい。

【0016】本発明の第2の装置は、被測定ウェハ上の測定点の位置を決定する装置であって、前記被測定ウェハの表面に平行な平面内における前記被測定ウェハの位置に関しては所定の誤差範囲内で保持し得るウェハ保持部と、前記ウェハ保持部に保持された前記被測定ウェハ上の画像を撮像する撮像部と、前記被測定ウェハ上の第1の所定位置の近傍に存在して回転対称性を有する第1の基準パターンを含む第1のテンプレート画像と、前記第1の基準パターンの回転対称の回数 $n$ を示す回転対称性情報と、前記被測定ウェハ上における前記第1の基準パターンの位置と前記被測定ウェハ上の所定の基準点との位置関係を示す基準点位置情報と、前記被測定ウェハ上における測定点の位置を示す測定点位置情報と、前記被測定ウェハ上の第2の所定位置の近傍に存在する第2の基準パターンを含む第2のテンプレート画像と、を記憶するメモリと、前記被測定ウェハ上の前記第1の所定位置の近傍において撮像された第1の処理対象画像内において前記第1のテンプレート画像と一致するマッチング画像の位置と方向とを決定するパターンマッチング部と、前記マッチング画像の方向と前記回転対称性情報とから、前記被測定ウェハの基準方向として $n$ 個の候補方向を決定する候補方向決定部と、前記回転対称の回数 $n$ が1の場合には、前記候補方向を前記基準方向として選択し、一方、前記回転対称の回数 $n$ が2以上の場合には、前記マッチング画像の位置と前記 $n$ 個の候補方向とから、前記被測定ウェハ上の前記第2の所定位置を推定し、推定された前記第2の所定位置の近傍において撮像された第2の処理対象画像に関して前記第2のテンプレート画像を用いたパターンマッチングを行うことによ

て、前記n個の候補方向の中から前記基準方向として適切な1つの方向を選択する基準方向決定部と、前記基準方向決定部で決定された前記基準方向と、前記パターンマッチング部で決定された前記マッチング画像の位置と、前記基準位置情報とから、前記ウェハ保持部に保持された状態における前記被測定ウェハの前記基準点の位置を決定する基準位置決定部と、前記基準方向決定部で決定された前記基準方向と、前記基準位置決定部で決定された前記基準点の位置と、前記測定点位置情報とから、前記ウェハ保持部に保持された状態における前記被測定ウェハ上の前記測定点の位置を決定する測定位置決定部と、を備えることを特徴とする。

【0017】上記のウェハの測定位置決定装置では、被測定ウェハを所定の誤差範囲内で保持し得るウェハ保持部を備えているので、撮像部によって、被測定ウェハの所望の位置を容易に撮像することができる。このような装置を用いれば、上記第2の方法と同様に、ウェハ上の正確な測定点を決定することができる。すなわち、パターンマッチング部は、ウェハの基準方向を示す第2の基準パターンが存在する方向を限定できる第1の基準パターンを含む第1のテンプレート画像を用いて被測定ウェハ上の第1の処理対象画像とパターンマッチングを行う。このパターンマッチングの結果から、候補方向決定部は、被測定ウェハの基準方向の候補方向をn個選定することができる。また、基準方向決定部は、第1のテンプレート画像の回転対称性情報に応じてn個の候補方向の中から1つの候補方向を特定することができる。基準位置決定部は、特定された基準方向に基づいて、基準点を決定することができるので、測定位置決定部において、ウェハ保持部に保持された被測定ウェハ上の測定点を正確に決定することが可能となる。

【0018】また、上記のウェハの測定位置決定装置において、前記第1の所定位置は、前記被測定ウェハの中心位置であり、前記第2の所定位置は、前記被測定ウェハの外縁上の位置であり、前記第2の基準パターンは、前記被測定ウェハの外縁に形成されたノッチであることが好ましい。

【0019】

【発明の他の態様】この発明は、以下のような態様も含んでいる。第1の態様は、コンピュータに上記の発明の各工程または各手段の機能を実行させるコンピュータプログラムを記録した記録媒体である。記録媒体としては、フレキシブルディスクやCD-ROMなどのコンピュータが読取り可能な携帯型の記憶媒体や、コンピュータシステムの内部記憶装置(RAMやROMなどのメモリ)および外部記憶装置、あるいは、これ以外のコンピュータプログラムが記録された媒体であってコンピュータシステムが読取り可能な種々の媒体を利用できる。

【0020】第2の態様は、コンピュータに上記の発明の各工程または各手段の機能を実行させるコンピュータ

プログラムを通信経路を介して供給するプログラム供給装置である。

【0021】

【発明の実施の形態】A. 装置の構成: 次に、本発明の実施の形態を実施例に基づき説明する。図1は、この発明のウェハ測定位置決定装置を示す説明図である。本ウェハ測定位置決定装置は、半導体ウェハの位置合わせ処理(アラインメント処理)を行なう機能を有している。この装置は、制御操作ユニット30と、ウェハ保持部100と、フレーム110と、Rθステージ130と、撮像光学系としての光学ユニット140とを備えている。

【0022】ウェハ保持部100は、その下面100uに多数の吸気孔を有する吸着面を備えており、ウェハWFを真空吸着して保持する機能を有している。ウェハ保持部100の下面100uには、ウェハWFよりも僅かに大きい円形のガイドリング102が備えられている。このガイドリング102により、ウェハWFの中心は、ウェハ保持部100のほぼ中心に保持される。ウェハ保持部100は、図示しない保持制御部により昇降可能である。

【0023】フレーム110は、光学ユニット140の初期位置(Rθステージの中心位置)において、その視野の中心がウェハ保持部100の下面100uのほぼ中心となるようにウェハ保持部100を位置決めする機能を有している。フレーム110は略円筒状の形状を有しており、その上部には、ウェハ保持部100を位置決めするための可動の位置決め部120を有している。位置決め部120は、ウェハ保持部100の中心軸100aをフレーム110の中心軸から一定の誤差範囲内に配置するための中心軸調整機構121と、ウェハ保持部100の下面100uをZ軸方向とほぼ垂直に保つための平行度調整機構122とを備えている。中心軸調整機構121は、ウェハ保持部100の外形よりも僅かに大きな直径を有するリング状の形状を有している。この中心軸調整機構121の内側にウェハ保持部100を配置すれば、自動的に一定の誤差範囲内に配置できる。また、平行度調整機構122は、ウェハ保持部の下面100uに設けられたガイドリング102よりも大きく、ウェハ保持部100よりも小さい直径を有するリング状の形状を有している。平行度調整機構122がウェハ保持部100をその下面側から支持することによりウェハ保持部100の下面100uをZ軸方向とほぼ垂直に配置することが可能である。

【0024】図2は、位置決め部120の動作を示す説明図である。ウェハ保持部100を下降させると、まず、図2(a)に示すようにウェハ保持部100と平行度調整機構122とが接し、ウェハ保持部100の下面100uがZ軸方向とほぼ垂直に配置される。次に、図2(b)に示すように、位置決め部120を、フレーム110の中心軸に向かって移動させることにより、ウェ

ハ保持部100の中心軸100aをフレーム110の中心軸から一定の誤差範囲内に配置することができる。この位置決め誤差範囲は、光学ユニット140の視野の広さに比べて十分小さく（例えば、視野の短辺の1/10以下に）することが好ましく、例えば、約1mm以下に設定することが好ましい。なお、このフレーム110は、図2(c)の平面図に示すように、3つの部分位置決め部120a~120cにより構成されている。これにより、各部分位置決め部120a~120cが干渉しないように、フレーム110の中心軸方向に移動させることができる。図2(a)~(c)に示すような構成にすれば、ウェハ保持部100を昇降させる際にフレームと接触する可能性が少なくなるという利点がある。

【0025】なお、フレームの構成としては、上記のような可動の位置決め部120を採用しなくてもよく、固定されたものでもよい。すなわち、フレームの構成としては、ウェハ保持部100の中心軸100aがフレームの中心軸とほぼ一致するような構成であればよい。

【0026】図3は、フレームおよびウェハ保持部の変形例を示す説明図である。この変形例では、位置決め部124とウェハ保持部105とが円錐状のテーパ面となっている。ウェハ保持部105を下降させると、ウェハ保持部105のテーパ面と位置決め部124のテーパ面とが接する状態で停止する。この結果、ウェハ保持部100の中心軸105aは、フレーム112の中心軸から一定の誤差範囲内に配置され、また、ウェハ保持部105の下面105uはZ軸方向とほぼ垂直に配置される。すなわち、テーパ状の位置決め部124が、図1の位置決め部120の中心軸調整機構121と平行度調整機構122との双方の機能を有している。

【0027】図1に示すように、Rθステージ130は、θステージ131とRステージ132とから構成されており、θステージ131の上にRステージ132が設置されている。θステージ131を回転させることにより、Rθステージ130に設置された光学ユニット140を、ウェハ保持部100の中心軸100aの周りで回転させることができる。また、Rステージ132を移動させることによりRθステージ130に設置された光学ユニット140をウェハ保持部100の半径方向に移動させることが可能である。なお、本実施例においては光学ユニット140の移動機構としてRθステージ130を用いているが、これに代えてXYステージを用いてもよい。すなわち、移動機構としては、ウェハ保持部100と光学ユニット140とのうち、少なくとも一方をウェハ保持部100の下面100uと平行な平面内で相対的に移動させ得るような種々の機構を利用することができる。

【0028】光学ユニット140は、カメラ、照明用光源、対物レンズ等を備えた周知の構成により、半導体ウェハWFの表面の画像を撮像する。なお、この実施例で

は、光学ユニット140の撮像領域は、半導体ウェハの表面に形成された半導体チップの1個分のサイズよりも小さい。後述するように、半導体ウェハWFの多階調画像は、画像処理ユニット50によって処理され、これによって半導体ウェハWFの回転方向が検出される。制御操作ユニット30（図1）のモニタ136には、半導体ウェハWFの一部の撮像領域の多階調画像が表示される。

【0029】制御操作ユニット30は、表示部31と、操作部32と、制御部33と、ステージ駆動部34と、ステージ座標読み込み部35と、画像処理ユニット50と、モニタ136とを備えている。表示部31としては、例えばCRTや液晶ディスプレイ等が使用される。また、操作部32としては、例えばキーボードやマウス等が用いられる。

【0030】ユーザが操作部32を操作してRθステージ130に対する移動指令を入力すると、その指令に応じて、制御部33がステージ駆動部34を制御してRθステージ130をR方向とθ方向に移動させる。また、操作部32からステージの座標読み込み指令が入力されると、その時点のステージ座標情報がステージ座標読み込み部35によって読み込まれて制御部33に供給される。ステージ座標情報は、必要に応じて表示部31に表示される。ステージ座標情報は、さらに、制御部33から画像処理ユニット50にも供給される。後述するように、画像処理ユニット50は、画像処理によって認識されたウェハの回転方向と、このステージ座標情報とを利用することによって、ウェハの正確な回転方向や測定位置を決定する。

【0031】図4は、画像処理ユニット50の内部構成を示すブロック図である。この画像処理ユニット50は、CPU210と、ROM214と、RAM216と、画像メモリ218と、入出力インタフェース240とが、バスライン212に接続されたコンピュータシステムとして構成されている。入出力インタフェース240には、モニタ136と、磁気ディスク138と、制御部33とが接続されている。

【0032】RAM216には、回転方向限定手段150と、撮像位置決定手段152と、パターンマッチング手段154と、回転方向決定手段158と、基準位置決定手段160と、測定位置決定手段162と、座標変換手段164との機能を実現するアプリケーションプログラムが格納されている。これらの各手段の機能については後述する。

【0033】なお、これらの各手段の機能を実現するコンピュータプログラム（アプリケーションプログラム）は、フレキシブルディスクやCD-ROM等の携帯型の記録媒体（可搬型の記録媒体）に記録された形で提供され、この記録媒体からコンピュータシステムの外部記憶装置に転送される。そして、実行時には、RAM216



に記憶される。あるいは、通信経路を介してプログラム供給装置からコンピュータシステムにコンピュータプログラムを供給するようにしてもよい。この明細書において、コンピュータシステムとは、ハードウェアとオペレーションシステムとを含み、オペレーションシステムの制御の下で動作する装置を意味している。アプリケーションプログラムは、このようなコンピュータシステムに、上述の各部の機能を実現させる。なお、上述の機能の一部は、アプリケーションプログラムでなく、オペレーションシステムによって実現されていても良い。

【0034】B. 位置合わせ処理の概要：図5は、実施例におけるウェハの位置合わせ処理の概要を示す説明図である。基準ウェハ（図5（A））とは、位置合わせ処理の対象となる被測定ウェハ（図5（B））と同じパターンが形成されたウェハである。一般的には、同一のロットで処理された複数のウェハの1枚を基準ウェハWF1として使用し、他のウェハを被測定ウェハWF2として使用する。1枚のウェハには、ノッチ基準点PNと、ウェハ基準点PCと、複数の測定点M1～M15（白丸で示す）と、測定点M1～M15の近傍の測定基準点（図示せず）とが設定される。図5（A）、（B）にも示されているように、ウェハWF1、WF2がウェハ保持部100（図1）に保持された状態では、任意の回転方向を取りうるものと仮定している。また、本実施例では、ウェハ保持部100にガイドリング102が設けられているため、ウェハの中心をウェハ保持部100のほぼ中心位置となるように、ウェハを保持することができるが、ウェハとウェハ保持部100との中心が一致するとは限らない。すなわち、ウェハの直径とガイドリング102の直径との寸法差による位置ずれが発生し得る。そこで、本実施例では、ウェハの中心がウェハ保持部100の中心位置に正確に配置されないものと仮定している。

【0035】図6は、実施例におけるウェハの位置合わせ処理の全体手順を示すフローチャートである。ウェハの測定点の位置合わせ処理は、基準ウェハを用いたプリアライメント前処理（ステップT1）と、基準ウェハを用いたファインアライメント前処理（ステップT2）と、被測定ウェハを用いたプリアライメント処理（ステップT3）と、被測定ウェハを用いたファインアライメント処理（ステップT4）とに大別される。

【0036】図6のステップT1における基準ウェハWF1を用いたプリアライメント前処理では、基準ウェハWF1におけるウェハ座標を決定するための処理を行う。この処理においては、基準ウェハWF1の中央付近の特徴的な領域と、その領域近傍においてウェハの位置合わせの基準となるウェハ基準点PC（図5（A））が指定される。この指定された領域とウェハ基準点PCとの位置関係から、基準ウェハWF1のウェハ座標を決定することができ、また、ウェハ座標とステージ座標との

座標変換係数を求めることができる。ここで、「ウェハ座標」は、ウェハ上で定義された座標系（「ウェハ座標系」と呼ぶ）の座標である。「ステージ座標」は、R $\theta$ ステージ130上の極座標で表される座標をXY平面（図1）に座標変換して定義された座標系（「ステージ座標系」と呼ぶ）の座標である。なお、ステージ座標系は、R $\theta$ ステージ130が初期位置にある状態で定義されており、R $\theta$ ステージ130が移動してもステージ座標系は移動しない。

【0037】ステージ座標とウェハ座標との間の座標変換係数は、ウェハ保持部100に保持された基準ウェハWF1の回転角度 $\theta_{WF1}$ と、ウェハ基準点PCのステージ座標値とから決定される（図5（A））。ここで、基準ウェハWF1の回転角度 $\theta_{WF1}$ は、ステージ座標系の基準方向Dsと基準ウェハWF1の基準方向D $_{WF1}$ とのなす角度である。ステージ座標系の基準方向Dsは、初期状態のR $\theta$ ステージ130の位置に対して固定された方向であり、例えば、R $\theta$ ステージ130上において $\theta=0^\circ$ となるX方向（時計の3時方向）に設定される。基準ウェハWF1の基準方向D $_{WF1}$ は、基準ウェハWF1に対して固定された方向であり、例えば基準ウェハWF1のノッチNTを時計の12時方向とした時の3時の方向に設定される。なお、これらの基準方向Ds、D $_{WF1}$ の設定の仕方は任意であり、これ以外の定義も可能である。

【0038】ステップT2における基準ウェハWF1を用いたファインアライメント前処理では、基準ウェハWF1上の複数の測定点M1～M15と各測定点の近傍の測定基準点の位置を登録する。各点の位置情報は、ウェハ座標系の座標値として登録される。なお、ステップT1、T2で決定された各種の情報を含む測定情報139は、磁気ディスク138に格納される。

【0039】ステップT3、T4は、被測定ウェハWF2を用いたプリアライメント処理とファインアライメント処理である。ステップT3のプリアライメント処理では、ステップT1と同様に、ステージ座標と被測定ウェハにおけるウェハ座標との間の座標変換係数が決定される（図5（B））。これによって基準ウェハにおけるウェハ座標と被測定ウェハにおけるウェハ座標とを、ステージ座標を介して関連付けることができる。ステップT4のファインアライメント処理では、測定情報139を用いて、被測定ウェハにおける各測定点M1～M15の位置が決定される。

【0040】C. 基準ウェハを用いたプリアライメント前処理：図7は、図6のステップT1に示す基準ウェハWF1を用いたプリアライメント前処理の手順を示すフローチャートである。ステップS101では、R $\theta$ ステージ130を制御することによりR $\theta$ ステージ130上の光学ユニット140を移動させ、基準ウェハWF1のノッチNTを撮像領域FV内に含む位置において画像を

取り込む。なお、 $R\theta$ ステージの制御は撮像位置決定手段152によって行われる。

【0041】図8は、基準ウェハWF1のノッチNTを撮像する際の処理を示す説明図である。ウェハ保持部100(図1)がフレーム110によって位置決めされる際には $R\theta$ ステージ130は初期位置(図8(d)に示すステージ座標系の原点)に設定されている。このとき、光学ユニット140の撮像領域FVは、図8(a)に示すように、基準ウェハWF1のほぼ中心付近にある。光学ユニット140は、基準ウェハWF1の中心付近のパターンを撮像し、モニタ136には撮像された画像が表示される。なお、図8に示すように $R\theta$ ステージ130の+R方向を示すために撮像領域FVの+R方向の一边を二重線で表している。

【0042】ウェハ上にはスクライブラインSLで区分される複数のチップCPが形成されている。ウェハ上の各チップCPに形成されるパターンは、スクライブラインSLに沿って形成される場合が多く、ウェハ中心付近のパターンの形状(パターンの直線エッジ)からスクライブラインSLの方向を知ることができる場合が多い。また、ウェハ上のスクライブラインSLは、ノッチNTを一端とするウェハの直径方向に対して、平行および垂直に形成される場合が多いので、パターンの形状からスクライブラインSLの方向が分かれば、ウェハのノッチNTを4つの方向に限定できる場合が多い。したがって、ウェハ上のパターンがスクライブラインSLに沿って形成されている場合には、撮像されたウェハ中心付近のパターンの形状からノッチ方向を推測することができる。

【0043】図8(b)は、撮像されたパターンのエッジに基づいて、 $R\theta$ ステージ130を $\theta$ 方向に制御して撮像領域FVを回転させた際の基準ウェハWF1と撮像領域FVとの関係を示している。このとき、直交するスクライブラインSLと矩形的撮像領域FVとは平行になっている。図8(c)では、 $R\theta$ ステージ130を+R方向に制御することにより、撮像領域FVをウェハの外縁部に移動させる。このとき、撮像領域FVは、図8(c)に示すようにスクライブラインSLに沿って移動する。ウェハ外縁部における撮像領域FV内にノッチNTが撮像されない場合には、撮像領域FVを+ $\theta$ 方向に90度ずつ回転させて、撮像領域FV内にノッチNTを含む位置に移動させて撮像する。このように、ウェハ上に形成されたパターンの形状に基づいて基準ウェハWF1のノッチNTを保持し、撮像することができる。

【0044】基準ウェハWF1のノッチNTを撮像する手順としては、図8(b)の工程を省略してもよい。例えば、図8(a)においてウェハ中心付近で撮像されたパターンのエッジによりスクライブラインSLの方向を推定することができない場合には、図8(b)の工程を省略して、図8(a)の状態から撮像領域FVを+R方

向に向かってウェハの外縁部まで移動させればよい。そして、 $R\theta$ ステージ130を $\theta$ 方向に回転させて撮像領域FVをウェハの外縁に沿って移動させながらウェハのノッチNTを探索する。ただし、図8(b)に示すように、撮像領域FVを直交するスクライブラインSLに沿って回転させておけば、図8(c)のノッチを探す工程では、ほぼ90度おきに $R\theta$ ステージ130を回転させればよいので、基準ウェハWF1の外縁全てにおいてノッチNTを探す必要がなく、全体として早くノッチNTの画像を取り込むことができるという利点がある。

【0045】図7のステップS102においては、上記のように撮像された領域のうち、ノッチNTを含む領域をマウスなどの操作部32を用いて指定し、ノッチテンプレート画像として登録する。この際、ノッチテンプレート画像の画像基準点となるノッチ基準点も指定して登録する。図9は、ノッチテンプレート画像TMNとして指定される領域およびノッチ基準点PNを示す説明図である。ノッチテンプレート画像TMNは後述するステップT3(図6)においてパターンマッチング処理に用いられるので、図9に示すように、V型のノッチNTを全て含む領域を指定することが好ましい。また、図9においては、ノッチ基準点PNは「V」型のノッチの変曲点付近の位置に指定されているが、この位置に限られない。例えば、ノッチテンプレート画像TMNの左上端の点でもよい。このように指定されたノッチテンプレート画像TMNおよびノッチ基準点PNは、測定情報139として磁気ディスク138(図4)に登録される。なお、ノッチ基準点PNの座標値は、ステージ座標系の座標値( $X_{PN}$ ,  $Y_{PN}$ )stとして登録される。ここで、添え字「st」は、ステージ座標系の座標値であることを意味している。

【0046】図7のステップS103においては、撮像領域FVをステージ中心に戻して基準ウェハWF1の中心付近を撮像して画像を取り込む。図10は、基準ウェハWF1の中心付近を撮像する際の処理を示す説明図である。図10に示すように、 $R\theta$ ステージ130を-R方向に制御して、基準ウェハWF1の中心付近を撮像すると、矩形的撮像領域FVにはほぼ平行な直線エッジを有するパターンが撮像される。

【0047】ステップS104においては、基準ウェハWF1の中心付近の撮像領域FVのうち、ノッチ方向をいくつかの方向に限定できるパターンを含む領域の画像を基準テンプレート画像TMCとして指定する。なお、この基準テンプレート画像TMCは後述するステップT3(図6)において、パターンマッチング処理に用いられる。

【0048】図11は、図10に示す撮像領域FVに含まれ得る種々のパターンを示す説明図である。図11に示すように、基準ウェハWF1上には、回転対称性のないパターンPTC1や、180度の回転対称性を示すパ

ターンPTC2、90度の回転対称性を示すパターンPTC3などが存在し得る。なお、一般には、中心軸の周りに $2\pi/n$  ( $n$ は1以上の整数) ずつ回転させたときに同じ図形が得られる図形を「 $n$ 回の回転対称性を有する図形」と呼んでいる。本明細書においては、1回の回転対称性を有するパターンを「回転対称性のない」パターンと呼び、2回以上の回転対称性を有するパターンを「回転対称性を有する」パターンと呼ぶこともある。また、パターンPTC2のように2回の回転対称性を有するパターンを「180度の回転対称性を有する」パターンとも呼び、パターンPTC3のように4回の回転対称性を有するパターンを「90度の回転対称性を有する」パターンとも呼ぶ。

【0049】また、図11では、パターンPTC1～PTC3を含む領域を、それぞれ基準テンプレート画像TMC1～TMC3として指定することが可能である。ただし、実際の処理では、これらのうちの1つが基準テンプレート画像として指定される。図11のように指定された基準テンプレート画像TMC1～TMC3は、画像全体の回転対称性からノッチ方向 $D_n$ を4方向以下に限定することが可能である。すなわち、回転対称性のないパターンPTC1を含む基準テンプレート画像TMC1は、画像全体としても回転対称性がなく、その画像からウェハのノッチ方向を1方向に限定することが可能である。また、180度の回転対称性を有するパターンPTC2を含む基準テンプレート画像TMC2は、画像全体としても180°の回転対称性を有しており、その画像からウェハのノッチ方向 $D_n$ を2方向に限定することが可能である。同様に、90度の回転対称性を有するパターンPTC3を含む基準テンプレート画像TMC3は、その画像からウェハのノッチ方向 $D_n$ を4方向に限定することが可能である。

【0050】図7のステップS104では、上記のようなノッチ方向をいくつかの方向に限定できるパターンを含む領域の1つを指定して、基準テンプレート画像（例えば、TMC1）として登録する。また、このとき基準テンプレート画像TMC1の画像基準点となるウェハ基準点PC1を指定して登録する。なお、以下では、3つの基準テンプレート画像TMC1～TMC3のそれぞれについて説明を行う場合もあるが、実際には、1つの基準テンプレート画像のみが登録されて利用される。

【0051】図12は、3種類の基準テンプレート画像TMC1～TMC3の詳細を示す説明図である。図12(a)～(c)に示すように、基準テンプレート画像TMC1～TMC3は、 $n$ 回の回転対称性を有するパターンPTC1～PTC3の外接矩形の外側に、それぞれ幅 $w$ の領域を付加した領域を有している。また、基準テンプレート画像TMC1～TMC3の画像基準点として左上端の点がそれぞれウェハ基準点PC1～PC3として指定されている。なお、ウェハ基準点PCは、基準テン

プレート画像の左上端の点に限られず、他の点をウェハ基準点としてもよい。このように指定された基準テンプレート画像TMCおよびウェハ基準点PCは、測定情報139として磁気ディスク138（図4）に登録される。なお、ウェハ基準点PC1～PC3は、ステージ座標系の座標値 ( $X_{PC1}$ ,  $Y_{PC1}$ ) stとして登録される。

【0052】また、この際に、基準テンプレート画像TMCの回転対称性に関する属性情報を基準テンプレート画像TMCおよびウェハ基準点PCとともに登録する。すなわち、基準テンプレート画像TMCに回転対称性がない場合には、属性情報として「1」を登録する。同様に、180度、90度の回転対称性を有する場合には、属性情報としてそれぞれ「2」、「4」を登録する。すなわち、本実施例においては、 $n$ 回の回転対称性を有する基準テンプレート画像TMCに対しては、その属性情報を「 $n$ 」として登録する。

【0053】本実施例においては、基準テンプレート画像TMCに含まれるパターンをユーザが指定すると、基準テンプレート画像TMCの領域指定の決定、ウェハ基準点PCの決定、および属性情報の決定は、以下に説明するように、基準位置決定手段160（図4）によって自動的に行われる。

【0054】図13は、本実施例における基準テンプレート画像TMCの領域およびウェハ基準点PCを決定する際の処理を示す説明図である。図13(a)は、ウェハの中心付近に存在するパターンPTC1を含む撮像した画像を示している。なお、この画像は、モニタ136（図1）に表示される表示画像である。図13(a)に示すように、ウェハの中心付近で撮像される画像は、 $R\theta$ ステージ130と基準ウェハWF1との位置関係から、矩形の撮像領域FVの各辺に対して、パターンPTC1の直線エッジが平行にならない場合がある。この場合には、画像処理によって撮像領域FVの画像を時計回りに角度 $\alpha$ だけ回転させて図13(b)に示すようにモニタ136に表示する。なお、この画像の回転はアフィン変換によって実行される。このように表示された画像に対し、ユーザは、基準テンプレート画像に用いるパターンPTC1の全体を少なくとも含むような領域A1を大まかに指定する。図13(c)では、領域A1内の多階調画像を処理して、パターンPTC1の外接矩形A2を決定し、外接矩形A2の範囲を示す2点の座標値 ( $S_{min}$ ,  $T_{min}$ ), ( $S_{max}$ ,  $T_{max}$ ) を求める。なお、この2つの座標値は、図13(c)の表示画像でS軸とT軸とで表される表示座標系での座標値である。図13(d)では、2つの座標値から基準テンプレート画像の領域が求められる。基準テンプレート画像の領域A3は、図13(c)の外接矩形A2の外周全体にそれぞれ幅 $w$ の領域を付加した大きさの領域 ( $L1 \times L2$ ) として決定される。すなわち、領域A3は、( $S_{max} - S_{min} + 2w$ )  $\times$  ( $T_{max} - T_{min} + 2w$ ) の大きさで決定され

る。また、図13(d)において、領域A3の左上端の座標値( $S_{min}-w$ ,  $T_{max}+w$ )がウェハ基準点PC1として決定される。このようにして、図13(e)に示すようにパターンPTC1を含む基準テンプレート画像TMC1が決定され、測定情報139として磁気ディスク138に登録される。また、ウェハ基準点PC1の表示座標系での座標値( $S_{min}-w$ ,  $T_{max}+w$ )は、図13(b)で行った変換の逆変換によりステージ座標系の座標値( $X_{PC1}$ ,  $Y_{PC1}$ )stに変換されて登録される。

【0055】図14は、登録された基準テンプレート画像の回転対称性に関する属性情報を決定する手順を示すフローチャートである。なお、登録された基準テンプレート画像の回転対称性を決定する際に用いる原画像の基準テンプレート画像(例えば、図13(e)のTMC1)を、以下では「0°のテンプレート画像」とも呼ぶ。

【0056】ステップS105aでは、0°のテンプレート画像を用いて、 $360^\circ/k$ の角度間隔で順次回転したk個の回転テンプレート画像を準備する。図15は、回転テンプレート画像の作成方法を示す説明図である。図15では、 $90^\circ$ 間隔( $k=4$ )で順次回転した4個の回転テンプレート画像TMCrを作成する場合について示されている。図15(a)には、登録された基準テンプレート画像TMC1(図13(e))と同じ0°の回転テンプレート画像TMCr<sub>0</sub>が示されている。磁気ディスク138には、基準テンプレート画像TMC1よりもやや広い領域の画像IM(広域テンプレート画像)が記憶されている。0°のテンプレート画像TMCr<sub>0</sub>を反時計回りに $90^\circ$ 回転した回転テンプレート画像TMCr<sub>90</sub>(図15(b))は、広域テンプレート画像IMをその中心Cの回りに $90^\circ$ 回転させた状態において抽出される。 $180^\circ$ および $270^\circ$ 回転した回転テンプレート画像TMCr<sub>180</sub>、TMCr<sub>270</sub>(図15(c)、(d))も同様である。この結果、ステップS105aでは、 $90^\circ$ 間隔の回転角度で作成された4個の回転テンプレート画像TMCrが得られる。なお、回転テンプレート画像の回転中心は、図15に示すように基準テンプレート画像の中心Cでなくともよく、例えば、画像処理によって基準テンプレート画像に含まれるパターンの重心を求めて、これを回転中心としてもよい。

【0057】ステップS105bでは、基準テンプレート画像TMC1を含むやや広い領域の画像である広域テンプレート画像IMと、準備した4個の回転テンプレート画像TMCrとの間でパターンマッチング処理を行う。パターンマッチング手段154(図4)は、各回転テンプレート画像TMCrを用いて広域テンプレート画像IMとのパターンマッチング処理を実行して、各回転テンプレート画像の領域の範囲でマッチング度(一致度)を算出する。

【0058】パターンマッチング処理においては、広域テンプレート画像IMの左上端から右下端に向かって、各回転テンプレート画像TMCrの左上端の点を基準にして順に走査させながら、各回転テンプレート画像TMCrの領域と広域テンプレート画像IMの対応する領域との間でマッチング度を調べる。このようにして、全ての回転テンプレート画像TMCrについてパターンマッチング処理を行う。

【0059】準備した全ての回転テンプレート画像TMCrについてのパターンマッチング処理が終了すると、図14のステップS105cにおいて、マッチング度が所定の値以上となった回転テンプレート画像の数(以下、「マッチング画像数」と呼ぶ)を調べる。基準テンプレート画像が、図15に示すように回転対称性がない場合には、マッチング画像数は1つである。なお、図12(b)、(c)に示す基準テンプレート画像についてパターンマッチング処理を行えば、マッチング画像数は、それぞれ2つ、4つとなる。

【0060】ステップS105dにおいては、上述のように求められたマッチング画像数からテンプレート画像TMCに対する属性情報を決定する。マッチング画像数が1つである場合には、属性情報として「1」を決定する。同様に、マッチング画像数が2つ、4つの場合には、それぞれ属性情報として「2」、「4」を決定する。すなわち、マッチング画像数は、回転対称性の回数を示しているため、本実施例においてはマッチング画像数がそのまま基準テンプレート画像の回転対称性を示す属性情報として登録される。

【0061】なお、図15では、ステップS105aにおいて作成するk個の回転テンプレート画像TMCrとして、4個の回転テンプレート画像TMCrを準備しているが、kの値は任意である。kの値としては、ステップS104(図7)において、ユーザが指定する可能性のある基準テンプレート画像TMCの回転対称性の回数nとして可能な値の最小公倍数に応じて決定することが好ましい。例えば、基準テンプレート画像TMCに用いられるパターンが、1回、2回、4回のいずれかの回転対称性を有するパターン(図12に示すパターンPTC1~PTC3)に限られる場合には、kの値を1と2と4の最小公倍数である「4」に設定して $90^\circ$ 間隔で回転対称性を調べればよい。また、基準テンプレート画像として3回の回転対称性を有するパターン(例えば、正三角形のパターン)も指定する可能性がある場合には、kの値を1~4の最小公倍数である「12」に設定して $30^\circ$ 間隔で回転対称性を調べればよい。

【0062】上記のようにすれば、図7のステップS104においてユーザが指定したパターンを含むテンプレート画像TMCの領域の決定、ウェハ基準点PCの決定、および属性情報の決定を自動的に行うことが可能となる。

【0063】D. 基準ウェハを用いたファインアライメント前処理: 図16は、図6のステップT2に示す基準ウェハWF1を用いたファインアライメント前処理の手順を示すフローチャートである。なお、ステップT2における処理は、測定位置決定手段162(図4)によって行われる。

【0064】ステップS201では、ユーザがモニタ136を見ながら測定点を探し、撮像領域FVを測定点を含む位置に移動させる。図17は、Rθステージ130を制御して、撮像領域FVをウェハの中心付近から測定点付近に移動させる際の処理を示す説明図である。このとき、光学ユニット140によって測定点および測定点近傍に存在するパターンが撮像される。図18は、測定点を含む撮像領域FVを示す説明図である。図18に示す撮像領域FVには、測定点M1とともにパターンPTM1が存在している。

【0065】ステップS202においては、撮像領域FVに含まれる測定点を指定して登録する。図18において、測定点M1を指定すると、その座標値がステージ座標系の座標値 $(X_{M1}, Y_{M1})$ stとして登録される。

【0066】ステップS203、S204においては、測定点M1の周辺で、測定テンプレート画像として適当なパターンを含む領域を探す。撮像領域FV内に、図18に示すような適当なパターンを含まない場合には、撮像領域FVを測定点M1の周辺で移動させて探す。撮像領域FV内に適当なパターンが見つかったら、ステップS205において、そのパターンを含む撮像領域の画像を取り込む。なお、ここでいう適当なパターンとしては、後述するステップT4でのパターンマッチング処理において測定点の位置を1つに特定できるパターンであることが必要である。したがって、回転対称性のないパターンが最も好ましい。ただし、後述するステップT3において被測定ウェハのウェハ座標が決定されれば、回転対称性を有するパターンでも測定点を1つに決定できる可能性がある。

【0067】ステップS206においては、取り込んだ撮像領域のうち適当なパターンを含む領域を指定して測定テンプレート画像として登録する。また、測定テンプレート画像とともに、測定テンプレート画像の画像基準点を指定して測定基準点として登録する。このステップS206の処理は、ステップT1において基準テンプレート画像とウェハ基準点とを指定した場合の処理(図13)と同様であるため詳細な説明は省略する。図18では、測定テンプレート画像TMM1が指定され、また、その画像基準点としてテンプレート画像TMM1の左上端の測定基準点PM1が指定されている。なお、測定基準点PM1は、ステージ座標系の座標値 $(X_{PM1}, Y_{PM1})$ stとして登録される。

【0068】ステップS207においては、ステージ座標系の座標値で登録された測定基準点PM1 $(X_{PM1},$

$Y_{PM1})$ stから測定点M1 $(X_{M1}, Y_{M1})$ stへのベクトルを移動量 $\Delta M1(\Delta X_{M1}, \Delta Y_{M1}) = (X_{M1} - X_{PM1}, Y_{M1} - Y_{PM1})$ として求めて登録する。なお、この移動量 $\Delta M1(\Delta X_{M1}, \Delta Y_{M1})$ は、後述するステップT4において被測定ウェハ上の測定点を求める際に用いられる。

【0069】ステップS208では、他の測定点があるか否かが判断され、他の測定点がある場合にはステップS201に戻ってステップS201～S207の処理が繰返される。こうして、基準ウェハ上の複数の測定点M1～M15について、ステップS201～S207を繰返し実行することによって、測定点M1～M15と測定基準点PM1～PM15とのステージ座標系での座標値を決定することができる。また、測定点M1～M15と測定基準点PM1～PM15とからそれぞれの移動量 $\Delta M1 \sim \Delta M15$ をステージ座標系での値で求めることができる。

【0070】以上のようにステップT1、T2(図6)において登録されたウェハ基準点PC、ノッチ基準点PN、測定基準点PM1～PM15、移動量 $\Delta M1 \sim \Delta M15$ は、ステージ座標系の座標値からウェハ座標系の座標値に変換される。なお、この座標変換は、座標変換手段164(図4)によって実行される。

【0071】図19は、本実施例におけるステージ座標系とウェハ座標系との関係を示す説明図である。この実施例では、U1-V1軸により表されるウェハ座標系は、登録された基準テンプレート画像TMC1に基づいて定義されている。すなわち、ウェハ座標系の原点としては、基準テンプレート画像TMC1の画像基準点として登録されたウェハ基準点PC1が採用されている。また、U1軸およびV1軸は、矩形の基準テンプレート画像TMC1の直交する2つの辺に沿った方向に設定されている。ウェハ座標系の原点(0, 0)wfは、ステージ座標系において $(X_{PC1}, Y_{PC1})$ stで表される点である。ここで、添え字「wf」はウェハ座標系の座標値であることを意味している。また、ウェハ座標系の座標軸U1、V1はステージ座標系の座標軸X、Yから角度 $\delta 1$ だけ反時計方向に回転している。この角度 $\delta 1$ は、基準ウェハWF1がウェハ保持部100に保持された際の回転方向に起因するものである。この角度 $\delta 1$ は、Rθステージ130の $\theta$ 方向の回転角度 $\theta w1$ と、図13において基準テンプレートを登録する際に表示画像系で画像を回転した角度 $\alpha 1$ とから求められる。なお、角度 $\alpha 1$ が0°のときには、Rθステージ130の $\theta$ 方向の回転角度 $\theta w1$ のみから角度 $\delta 1$ を求めることができる。

【0072】ウェハ座標系とステージ座標系とが図19に示すような関係を有する場合には、ステージ座標 $(X, Y)$ stからウェハ座標 $(U, V)$ wfへの間の座標変換は、以下の式(1)に示す2次元アフィン変換で与えられる。

【0073】

【数1】

$$\begin{bmatrix} U & V & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & Y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \delta 1 & -\sin \delta 1 & 0 \\ \sin \delta 1 & \cos \delta 1 & 0 \\ -X_{PC1} & -Y_{PC1} & 1 \end{bmatrix} \quad \cdots \cdots (1)$$

【0074】式(1)に従って、ステップT1およびT2において登録されたノッチ基準点PN、測定基準点PM1～PM15および移動量 $\Delta M1 \sim \Delta M15$ は、ステージ座標系の値からウェハ座標系の値に変換される。図19には、ノッチ基準点PN、測定基準点PM1および移動量 $\Delta M1$ のステージ座標系での値と、ウェハ座標系での値が示されている。このように変換されたそれぞれの値は、座標変換前の値に代えて磁気ディスク138(図4)に登録される。

【0075】E. 被測定ウェハを用いたプリアライメント処理：図20は、図6のステップT3に示す被測定ウェハWF2を用いたプリアライメント処理の手順を示すフローチャートである。ステップS301では、R $\theta$ ステージ130を初期位置(ステージ座標系の座標原点)に戻し、被測定ウェハWF2の中心付近を撮像して処理対象画像を取り込む。被測定ウェハWF2の表面には基準ウェハWF1と同じ設計パターンが形成されているが、ノッチ方向は任意の方向を取り得る。

【0076】ステップS302では、ステップS301で取り込んだ処理対象画像と、ステップT1において予め登録された基準テンプレート画像TMCとを用いて、ノッチ方向をいくつかの候補方向に限定するとともに、被測定ウェハにおけるウェハ基準点となる基準候補点を求める。なお、ステップS302の処理は、回転方向限定手段150とパターンマッチング手段154とが協力して実行する。この回転方向限定手段150とパターンマッチング手段154とが本発明の候補方向決定部に相当する。ステップT1で登録された基準テンプレート画像TMCは、以下のパターンマッチング処理においては、0°のテンプレート画像として用いられる。

【0077】図21は、被測定ウェハ上における基準候補点を求める手順を示すフローチャートである。ステップS302aでは、ステップT1において予め登録した基準テンプレート画像TMCを用いて、10°間隔で順次回転した複数個の回転テンプレート画像TMCrを準備し、ステップS301(図20)で取り込んだ処理対象画像との間でパターンマッチング処理を行う。ステップS302aにおいて準備する回転テンプレート画像の個数は、基準テンプレート画像の属性情報によって決定される。すなわち、本実施例では、準備する回転テンプレート画像の個数は、 $(360^\circ / 10^\circ) / n$ で表される。ここで、nは、基準テンプレート画像の属性情報で示されている基準テンプレート画像の回転対称性の回数である。

【0078】例えば、基準テンプレート画像の属性情報が「1」である場合、すなわち、基準テンプレート画像に回転対称性がない場合には、回転テンプレート画像として、0°～350°の角度範囲で10°間隔で順次回転した36個( $= (360^\circ / 10^\circ) / 1$ )の画像を準備する。また、基準テンプレート画像の属性情報が「2」である場合、すなわち、基準テンプレート画像が2回の回転対称性を有する場合には、0°～170°の角度範囲で10°間隔で順次回転した18個( $= (360^\circ / 10^\circ) / 2$ )の回転テンプレート画像を準備する。同様に、基準テンプレート画像の属性情報が「4」である場合、すなわち、基準テンプレート画像が4回の回転対称性を有する場合には、0°～80°の角度範囲で9個( $= (360^\circ / 10^\circ) / 4$ )の回転テンプレート画像を準備する。なお、回転テンプレート画像TMCrは、図15に示した場合と同様に、広域テンプレート画像を回転させた状態で、抽出される。したがって、ステップT1において準備した回転テンプレート画像を図21の処理においてそのまま用いることも可能である。

【0079】図22は、準備された複数の回転テンプレート画像TMCrの一部を示す説明図である。図22に示す0°のテンプレート画像TMCr<sub>0</sub>については、回転対称性がないため、10°間隔で順次回転した36個のテンプレート画像が準備される。また、回転テンプレート画像TMCrを作成する際には、ウェハ基準点の座標を中心Cの回りに回転させた座標も準備する。

【0080】図22(a)に示す0°のテンプレート画像TMCr<sub>0</sub>におけるウェハ基準点PCr<sub>0</sub>は、中心Cを座標原点として、矩形のテンプレート画像TMCr<sub>0</sub>の各辺に沿った座標軸F、Gで表される座標系(F-G座標系)の座標値として準備される。また、図22

(b)、(c)に示す10°、20°の回転テンプレート画像TMCr<sub>10</sub>、TMCr<sub>20</sub>におけるウェハ基準点PCr<sub>10</sub>、PCr<sub>20</sub>も、それぞれ矩形の回転テンプレート画像TMCr<sub>10</sub>、TMCr<sub>20</sub>の各辺に沿ったF-G座標系の座標値として準備される。このようにF-G座標系の座標値として準備されたウェハ基準点PCr<sub>0</sub>、PCr<sub>10</sub>、PCr<sub>20</sub>は、後述するステップS302cにおいてウェハ基準点の候補点を求める際に使用される。

【0081】図22に示すような複数の回転テンプレート画像TMCrを準備した後、ステップS301(図20)で取り込んだ被測定ウェハの中心付近における処理対象画像との間でパターンマッチング処理を行う。この

処理は、複数の回転テンプレート画像TMC $\alpha$ のそれぞれを前述と同様の方法で、処理対象画像内で走査させながら行う。

【0082】図22に示すような回転対称性のない基準テンプレート画像が用いられる場合には、10° 間隔の36個の回転テンプレート画像を用いて0~350° の角度範囲でパターンマッチング処理を行う。一方、回転対称性を有する基準テンプレート画像を用いる場合、例えば、2回の回転対称性を有する基準テンプレート画像を用いる場合には10° 間隔の18個の回転テンプレート画像を用いて、0~170° の角度範囲でパターンマッチング処理を行う。また、4回の回転対称性を有する基準テンプレート画像を用いる場合には10° 間隔の9個の回転テンプレート画像を用いて、0~80° の角度範囲でパターンマッチング処理を行う。ステップS302aにおいては、このような角度範囲でパターンマッチング処理を行いマッチング度の最も高い回転テンプレート画像の回転角度（粗マッチング角度）を得る。

【0083】ステップS302bでは、ステップS302aにおけるパターンマッチング処理の結果から得られる粗マッチング角度近傍において、さらに1° 間隔の回転テンプレート画像を準備してパターンマッチング処理を行う。このステップS302bのパターンマッチング処理において、マッチング度の最も高い回転角度（マッチング角度）を求めることにより、被測定ウェハの回転角度をより正確に得ることが可能となる。

【0084】ステップS302bにおいては、基準テンプレート画像の回転対称性の有無に関係なく1つのみのマッチング角度が得られる。この場合にも、ステップS302bにおいて得られた1つのマッチング角度から、ノッチ方向としてn個の候補方向が決定される。すなわち、2回の回転対称性を有する基準テンプレート画像を用いてパターンマッチング処理を行った場合には、ステップS302bにおいて得られるマッチング角度と、そのマッチング角度に180° プラスした角度とから、2つの候補方向が決定される。同様に、4回の回転対称性を有する基準テンプレート画像を用いてパターンマッチング処理を行った場合には、ステップS302bにおいて得られるマッチング角度と、そのマッチング角度に90° ずつプラスした3つの角度とから、4つの候補方向が決定される。

【0085】上記のように、基準テンプレート画像の回転対称性に関する属性情報、すなわち回転対称性の回数「n」により、パターンマッチング処理に用いられる回転テンプレート画像の個数、すなわちパターンマッチング処理を行う角度範囲を限定すれば、その角度範囲でのみパターンマッチング処理を行うだけで容易に全ての候補方向を知ることができる。

【0086】なお、ステップS302a、S302bにおいて回転テンプレート画像を作成する際の回転角度

は、それぞれ10°、1°に限られず、ユーザが任意に設定することが可能である。

【0087】ステップS302cにおいては、マッチング度が最も高い回転テンプレート画像から被測定ウェハにおけるウェハ基準点の基準候補点を求める。図23は、ステップS302bにおけるパターンマッチング処理の結果から求められる基準候補点を示す説明図である。図23(a)には、回転対称性のない基準テンプレート画像を用いたパターンマッチング処理において、最も高いマッチング度を示した回転テンプレート画像TMC $\beta$ 1が示されている。図23(b)には、2回の回転対称性を有する基準テンプレート画像を用いたパターンマッチング処理において、最も高いマッチング度を示した回転テンプレート画像TMC $\beta$ 2が示されている。同様に、図23(c)には、4回の回転対称性を有する基準テンプレート画像を用いたパターンマッチング処理において、最も高いマッチング度を示した回転テンプレート画像TMC $\beta$ 3が示されている。また、図23(a)~(c)において、回転テンプレート画像TMC $\beta$ 1~TMC $\beta$ 3が示されている位置は、最もマッチング度が高くなる走査位置を示している。

【0088】図23(a)~(c)に示すように、マッチング度が最も高い走査位置が決定されると、回転テンプレート画像TMC $\beta$ 1~TMC $\beta$ 3の中心Cに対応する座標値が処理対象画像のj-k座標系において決定される。j-k座標系において回転テンプレート画像の中心Cの座標値が決定されると、回転テンプレート画像TMC $\beta$ のウェハ基準点PC $\beta$ に対応する座標値も決定される。なお、j-k座標系におけるウェハ基準点PC $\beta$ の座標値は、j-k座標系における中心Cの座標値に、図22に示すF-G座標系でのウェハ基準点の座標値をそのまま加えたものである。このように、回転テンプレート画像TMC $\beta$ に応じてウェハ基準点PC $\beta$ の座標がj-k座標系において決定されると、ウェハ基準点PC $\beta$ のステージ座標系における座標値を決定することができる。

【0089】図23(a)に示すような回転対称性のない基準テンプレート画像を用いたパターンマッチング処理からは、ウェハ基準点の基準候補点が1つ求まる。図23(a)には、1つの候補点PC $\beta$ 1aが示されている。したがって、この1つの基準候補点PC $\beta$ 1aが被測定ウェハにおけるウェハ基準点PCとして求まる。

【0090】一方、図23(b)、(c)に示すような回転対称性を有する基準テンプレート画像を用いたパターンマッチング処理からは、ウェハ基準点の基準候補点は複数個求められる。図23(b)に示すように2回の回転対称性を有する基準テンプレート画像を用いてパターンマッチング処理を行った場合には、ウェハ基準点の候補点は2つ求められる。すなわち、パターンマッチング処理が行われた回転角度のうち、マッチング度の最も

高い回転テンプレート画像からウェハ基準点の第1の候補点PCβ2aが求まる。また、パターンマッチング処理により求まる第1の候補点PCβ2aの他に、第1の候補点PCβ2aを中心Cの回りに180°回転させた点も候補点となり得るので、この点が第2の候補点PCβ2bとして求まる。図23(c)に示すように4回の回転対称性を有する基準テンプレート画像を用いてパターンマッチングを行った場合には、ウェハ基準点の基準候補点は4つ求められる。すなわち、パターンマッチング処理が行われた回転角度のうち、マッチング度の最も高い回転テンプレート画像からウェハ基準点の第1の候補点PCβ3aが求まる。また、パターンマッチング処理により求まる第1の候補点PCβ3aの他に、第1の候補点を中心Cの回りに90°ずつ回転させた他の等価な点も候補点となり得るので、これらの点が第2ないし第4の候補点PCβ3b~PCβ3dとして求まる。

【0091】このようにして基準候補点のステージ座標系の座標値が求まると、ステップS302dにおいて、それぞれの基準候補点に対応するウェハ座標系を生成してノッチ基準点のノッチ候補点をステージ座標系の座標値として求める。

【0092】図24は、図23(a)に示すウェハ基準点の基準候補点に対応して生成されたウェハ座標系をステージ座標系とともに示す説明図である。図24に示すU2'β1a-V2'β1a軸により表されるウェハ座標系は、図23(a)のマッチング度が最も高い回転テンプレート画像TMCβ1から求められる1つの基準候補点PCβ1aに基づいて生成された座標系である。図24のウェハ座標系は、基準候補点PCβ1aのステージ座標系の座標値(X<sub>PCβ1a</sub>, Y<sub>PCβ1a</sub>)stをウェハ座標系

$$\begin{bmatrix} X & Y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U & V & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \delta_{\beta 1a} & \sin \delta_{\beta 1a} & 0 \\ -\sin \delta_{\beta 1a} & \cos \delta_{\beta 1a} & 0 \\ X_{\beta 1a} & Y_{\beta 1a} & 1 \end{bmatrix} \dots\dots (2)$$

【0096】式(2)に従って、ノッチ基準点の候補点PN1aは、ウェハ座標系の座標値(U<sub>PN</sub>, V<sub>PN</sub>)wfからステージ座標系の座標値(X<sub>PN1a</sub>, Y<sub>PN1a</sub>)stに変換される。このように図23(a)に示すような回転対称性のない回転テンプレート画像TMCβ1および基準候補点PCβ1aに基づいてウェハ座標系が生成された場合には、ノッチ基準点の候補点は1つのみ求まり、ステージ座標系の座標値として記憶される。

【0097】図25は、図23(b)に示すウェハ基準点の2つの基準候補点に対応して生成された2つのウェハ座標系をステージ座標系とともに示す説明図である。図25に示すU2'β2a-V2'β2a軸により表される第1のウェハ座標系は、図23(b)のマッチング度が最も高い回転テンプレート画像TMCβ2から求められる第1の基準候補点PCβ2aに基づいて生成された座

標系原点(0,0)wfとして、矩形の基準テンプレート画像TMC1の領域の2つの辺に沿った方向に設定されている。ウェハ座標系の座標軸U2'β1a, V2'β1aはステージ座標系の座標軸X, Yから角度δβ1aだけ反時計方向に回転している。この角度δβ1aは、被測定ウェハWF2がウェハ保持部100に保持された際の回転方向に起因するものである。この角度δβ1aは、図19と同様に、Rθステージ130のθ方向の回転角度θw2と、回転テンプレート画像のマッチング度が最も高くなる回転角度β1とから求められる。なお、Rθステージ130の回転角度θw2が0°のときには、ウェハ座標系は、マッチング角度β1のみから求めることができる。

【0093】図24に示すようなウェハ座標系が決定されると、図19に示す基準ウェハWF1上で求めたウェハ基準点PC1に対するノッチ基準点PNの位置関係に基づいて、ウェハ基準点の1つの候補点PCβ1aに対するノッチ基準点の1つの候補点PN1aが決定される。基準候補点PCβ1aがウェハ座標系の座標値(0,0)wfで表されるとき、ノッチ基準点の候補点PN1aは、ウェハ座標系の座標値(U<sub>PN</sub>, V<sub>PN</sub>)wfで表される。

【0094】ウェハ座標系とステージ座標系とが図24に示すような関係を有する場合には、ウェハ座標(U, V)wfからステージ座標(X, Y)stへの間の座標変換は、以下の式(2)に示す2次元アフィン変換で与えられる。

【0095】

【数2】

標系である。第1のウェハ座標系の座標軸U2'β2a, V2'β2aはステージ座標系の座標軸X, Yから角度δβ2aだけ反時計方向に回転している。この角度δβ2aは、Rθステージ130のθ方向の回転角度θ2と、回転テンプレート画像のマッチング度が最も高くなる回転角度β2とから求められる。一方、U2'β2b-V2'β2b軸により表される第2のウェハ座標系は、図23(b)のマッチング度が最も高い回転テンプレート画像TMCβ2から求められる第2の基準候補点PCβ2bに基づいて生成された座標系である。第2のウェハ座標系の座標軸U2'β2b, V2'β2bはステージ座標系の座標軸X, Yから角度δβ2bだけ反時計方向に回転している。この角度δβ2bは、第1のウェハ座標系の回転角度δβ2aに180°プラスした角度となっている。

【0098】図25に示すような2つのウェハ座標系が



生成されると、図24と同様に、ウェハ基準点の2つの候補点 $PC\beta 2a$ 、 $PC\beta 2b$ に対するノッチ基準点の2つの候補点 $PN 2a$ 、 $PN 2b$ のステージ座標系での座標値が決定される。すなわち、第1の基準候補点 $PC\beta 2a$ が第1のウェハ座標系の座標値 $(0, 0)$ wfで表されるとき、ノッチ基準点の候補点 $PN 2a$ は、第1のウェハ座標系の座標値 $(U_{PN}, V_{PN})$ wfで表される。第1のウェハ座標系の座標値で表されたノッチ候補点 $PN 2a$ は、第1のウェハ座標系とステージ座標系との関係から、式(2)と同様の2次元アフィン変換によりステージ座標系の座標値 $(X_{PN2a}, Y_{PN2a})$ stに変換される。また、第2の基準候補点 $PC\beta 2b$ が第2のウェハ座標系の座標値 $(0, 0)$ wfで表されるとき、ノッチ基準点の候補点 $PN 2b$ は、第2のウェハ座標系の座標値 $(U_{PN}, V_{PN})$ wfで表される。第2のウェハ座標系の座標値で表されたノッチ候補点 $PN 2b$ は、第2のウェハ座標系とステージ座標系との関係から、ステージ座標系の座標値 $(X_{PN2b}, Y_{PN2b})$ stに変換される。

【0099】このように図23(b)に示すような2回の回転対称性を有する回転テンプレート画像 $TMC\beta 2$ および2つの基準候補点 $PC\beta 2a$ 、 $PC\beta 2b$ に基づいて2つのウェハ座標系が生成された場合には、ノッチ基準点の候補点は2つ求まり、それぞれステージ座標系の座標値として記憶される。

【0100】同様に、図23(c)に示すウェハ基準点の4つの基準候補点に対しては、それぞれの基準候補点から4つのウェハ座標系が生成される。4つのウェハ座標系が生成されると、それぞれのウェハ座標系とステージ座標系との関係に従ってノッチ候補点が座標変換され、4つのノッチ候補点のステージ座標系の座標値が記憶される。

【0101】図20のステップS303～S305においては、ステップS302において求められたノッチ基準点の候補点の中から1つをノッチ基準点として特定し、特定されたノッチ基準点からそのノッチ基準点に対応するウェハ基準点を特定する。したがって、図24に示すように基準候補点 $PC\beta 1a$ が1つのみである場合には、ノッチ基準点およびウェハ基準点はそれぞれノッチ候補点 $PN 1a$ および基準候補点 $PC\beta 1a$ に特定されているため、ステップS303～S305の処理は省略してもよい。もちろん、確認のためにステップS303～S305の処理を実行してもよい。なお、ステップS303～S305の処理は、回転方向決定手段158(図4)が実行し、ノッチ基準点を特定することによりウェハの回転方向を決定する。回転方向決定手段158が本発明のウェハ基準方向決定部に相当する。

【0102】ステップS303においては、ステップS302において求められた複数のノッチ候補点のステージ座標系の座標値に基づいて $R\theta$ ステージ130を制御し、各ノッチ候補点の周辺の撮像領域の画像をそれぞれ

取り込む。例えば、図25においては、第1と第2のノッチ候補点 $PN 2a$ 、 $PN 2b$ の周辺の画像が取り込まれる。

【0103】ステップS304では、ステップS303において取り込んだ複数のノッチ候補点の周辺の撮像領域の画像を処理対象画像として、ステップT1で予め登録したノッチテンプレート画像 $TMN$ (図9)を用いて上記と同様のパターンマッチング処理を行う。

【0104】ステップS305では、ステップS304におけるパターンマッチング処理の結果から、最も高いマッチング度が得られた処理対象画像に含まれるノッチ候補点をノッチ基準点として特定する。ノッチ基準点が特定されると、そのノッチ基準点に対応するウェハ基準点の候補点がウェハ基準点として特定される。例えば、図25に示す第1と第2のノッチ候補点 $PN 2a$ 、 $PN 2b$ の中から第1のノッチ候補点 $PN 2a$ がウェハ基準点が特定されると、第1の基準候補点 $PC\beta 2a$ がウェハ基準点として特定される。

【0105】なお、ステップS303～S305(図20)の処理は、全てのノッチ候補点について行わなくてもよい。例えば、図25に示すようにノッチ候補点が2つある場合には、どちらか一方のノッチ候補点についてパターンマッチング処理を行えばよい。すなわち、第1のノッチ候補点 $PN 2a$ についてのパターンマッチング処理を行い、高いマッチング度が得られた場合には、第1のノッチ候補点 $PN 2a$ をノッチ基準点として特定し、高いマッチング度が得られない場合には第2のノッチ候補点 $PN 2b$ をノッチ基準点として特定すればよい。要するに、ステップS303～S305の処理は、ノッチ基準点を特定できるまで行えばよい。したがって、ノッチ候補点が4つある場合には、最大3つのノッチ候補点についてパターンマッチング処理を行えばよい。このようにすれば、パターンマッチング処理の回数を減らすことができるので、容易にノッチ基準点を特定でき、また、特定されたノッチ基準点からウェハ基準点を特定することができる。もちろん、確認のために全てのノッチ候補点についてS303～S305の処理を行ってもよい。

【0106】このようにウェハ基準点が特定されると、図25に示すような複数のウェハ座標系のうち1つのウェハ座標系が被測定ウェハWF2のウェハ座標系として特定され、ステップT2(図6)において求めた測定点に関する情報から被測定ウェハWF2における測定点を決定することが可能となる。

【0107】F. 被測定ウェハを用いたファインアライメント処理：図26は、図6のステップT4に示す被測定ウェハWF2を用いたファインアライメント処理の手順を示すフローチャートである。ステップT4における処理は、測定位置決定手段162の制御(図4)の下に行われる。ステップS401では、 $R\theta$ ステージ130

を制御して基準ウェハWF1上の測定基準点に対応する被測定ウェハWF2上の測定基準点の位置に撮像領域FVを移動させる。被測定ウェハWF2における測定基準点は、図19に示すウェハ座標系の座標値として登録されている点である。したがって、ステップS401においては、まず、 $R\theta$ ステージ130を制御するために、ステップT3において特定されたウェハ座標系で表される測定基準点の座標値をステージ座標系の座標値に座標変換する。なお、この座標変換は座標変換手段164により実行される。

【0108】図27は、被測定ウェハWF2上において特定されたウェハ座標系とステージ座標系との関係を示す説明図である。図27に示すU2-V2軸からなるウェハ座標系は、図24に示すU2'-V2'軸により表されるウェハ座標系がステップT3における処理により特定されたものである。このように特定されたウェハ座標系においては、図27に示すように、ステップT2において登録した測定テンプレート画像の画像基準点である測定基準点PM1~PM15や、各測定基準点PM1~PM15からそれぞれの測定点M1~M15までの移動量 $\Delta M1 \sim \Delta M15$ が対応付けられる。

【0109】ウェハ座標系で表された各点は、前述した式(2)と同様の2次元アフィン変換によってステージ座標系に変換される。この座標変換により、測定基準点PM1のウェハ座標系での座標値( $U_{PM1}, V_{PM1}$ )wfは、ステージ座標系での座標値( $X_{PM1}\beta_1, Y_{PM1}\beta_1$ )stに変換される。また、測定基準点PM1から測定点M1までの移動量 $\Delta M1$ のウェハ座標系でのベクトル値( $\Delta U_{M1}, \Delta V_{M1}$ )wfは、ステージ座標系でのベクトル値( $\Delta X_{M1}\beta_1, \Delta Y_{M1}\beta_1$ )stに変換される。

【0110】ステップS401においては、このようにステージ座標系に変換された座標値に従って $R\theta$ ステージ130を制御して、各測定点Mの近傍に存在する測定基準点PMの位置に撮像領域FVを移動させる。なお、上記のように、座標変換で得られた測定基準点PMのステージ座標値は測定基準点PMの予測位置を示している。すなわち、座標変換で得られた測定基準点PMのステージ座標値は、図1のウェハ保持部100の下面100uがZ軸方向に垂直に配置されていない場合等には、実際の測定基準点のステージ座標値から多少ずれる可能性がある。そこで、本実施例では、測定基準点PMの予測位置近傍で取り込んだ画像と予め登録した測定テンプレート画像との間でパターンマッチング処理を行い、パターンマッチング処理の結果から正確な測定基準点の位置を求める。

【0111】ステップS402においては、測定基準点PMの予想位置近傍で撮像される画像を処理対象画像として取り込み、ステップT2において登録した測定テンプレート画像TMM(図18)から複数個の回転テンプレート画像を準備して、パターンマッチング処理を行

う。ステップS403では、ステップS402においてマッチング度が最も高い回転テンプレート画像から、その画像基準点である測定基準点PMのステージ座標値を求める。このように、測定基準点PMの付近で、予め登録された測定テンプレート画像TMMを用いてパターンマッチング処理を行うことにより、被測定ウェハWF2における測定基準点PMのステージ座標系での座標値を正確に求めることができる。

【0112】ステップS404では、ステップS403において求められた測定基準点PMを用いて測定点Mを求め、測定点Mをステージ座標系での座標値として決定する。測定点Mのステージ座標系での座標値は、ステップS403において求められた測定基準点PMのステージ座標系での座標値に、図27に示すようにステージ座標系に変換された移動量 $\Delta M$ をプラスすることによって決定される。このように決定された測定点Mの座標値は、ステップS403のパターンマッチング処理により求められた正確な測定基準点PMを基準にして決定されているので、ステップS403のパターンマッチング処理を省略して測定点Mの座標値をそのまま座標変換して決定した場合に比べ、より精度の高い座標値として決定されている。もちろん、S403のパターンマッチング処理を省略したときの座標値を、測定点Mの座標値として決定してもよい。

【0113】ステップS405では、他の測定点があるか否かが判断され、他の測定点がある場合にはステップS401に戻ってステップS401~S404の処理が繰返される。こうして、被測定ウェハ上の複数の測定点M1~M15(図5)について、ステップS401~S404を繰返し実行することによって、各測定点の実測位置を正確に決定することができる。各測定点における測定処理(例えば膜厚測定)は、ステップS404とステップS405の間に行うことができる。あるいは、すべての測定点に関してステップS401~S404を繰返して実行した後に、各測定点における測定処理を順次実行するようにしてもよい。

【0114】以上、説明したように、本実施例では、ウェハ座標の基準となる基準テンプレート画像を登録する際に、その画像の回転対称性を示す属性情報(回転対称性情報)も登録している。この属性情報により、基準テンプレート画像が回転対称性を有する場合にも、複数のウェハ座標の候補のうちから1つのウェハ座標を特定することができる。また、被測定ウェハにおけるウェハ座標をパターンマッチング処理により決定する際には、属性情報からそのパターンマッチング処理を行うべき処理範囲(回転テンプレート画像の回転角度)を限定することができるので、比較的短時間でパターンマッチング処理を行い、ウェハ座標を決定することが可能となる。このようにすれば、任意の回転方向で保持されたウェハの向きや位置を決定して、さらに、ウェハ上の正確な測定

点を決定することができる。

【0115】なお、この発明は上記の実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【0116】(1) 上記実施例において、ハードウェアによって実現されていた構成の一部をソフトウェアに置き換えるようにしてもよく、逆に、ソフトウェアによって実現されていた構成の一部をハードウェアに置き換えるようにしてもよい。

【0117】(2) 上記実施例においては、ウェハの回転方向を決定するための第2の基準パターンを含む画像として、ノッチNTを含む画像(ノッチテンプレート画像)を用いているが、他のパターンを含む画像でもよい。すなわち、ウェハの回転方向を決定するための第2の基準パターンとしては、ウェハ全体において同じパターンが存在しないものであればよい。ただし、ウェハ上に同じパターンが複数存在する場合であっても、それらのパターン全体を1つのパターン群として見たときに他に同じパターン群がなければよい。

【0118】(3) 上記実施例においては、ウェハ中心付近に存在するパターンを含む領域の画像を第1のテンプレート画像としているが、第1のテンプレート画像が含むパターンは、ウェハ中心付近に存在するパターンでなくてもよく、ウェハ中心付近から離れた位置のパターンでもよい。ただし、ウェハ中心付近のパターンであれば、本実施例のようにR $\theta$ ステージの初期位置がウェハ中心付近に設定されている場合に容易にそのパターンを含む画像を撮像することが可能である。

【0119】(4) 上記実施例においては、測定点Mの近傍に存在するパターンを含む領域の画像を測定テンプレート画像TMMとして登録し、かつ、測定テンプレート画像TMMの画像基準点を測定基準点PMとして登録しているが、測定基準点PMは登録しなくてもよい。すなわち、測定テンプレート画像TMMの画像基準点として測定点Mを登録すればよい。こうすれば、被測定ウェハにおいて測定点Mを決定する際に行う測定テンプレート画像TMMを用いたパターンマッチング処理により、直接、画像基準点である測定点Mを決定することができる。

【0120】(5) 上記実施例では、ウェハ表面の任意の位置を撮像するために、ウェハをウェハ保持部に固定した状態で、撮像光学系(光学ユニット140)をR $\theta$ ステージ130を用いて移動させているが、これに限られない。すなわち、撮像光学系を固定しておいて、ウェハを移動ステージに保持して移動させるようにしてもよい。さらに、ウェハと撮像光学系の双方を移動できるようにしてもよい。例えば、ウェハを $\theta$ 方向に回転させ、撮像光学系をR方向に移動させてもよい。

【0121】(6) 上記実施例では、ウェハの測定位置

決定装置について説明したが、この装置はウェハの回転方向決定装置としても用いることができる。なお、ウェハの回転方向のみを決定する場合には、図6に示すステップT2、T4の処理を省略すればよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明のウェハ測定位置決定装置を示す説明図。

【図2】位置決め部120の動作を示す説明図。

【図3】フレームおよびウェハ保持部の変形例を示す説明図

【図4】画像処理ユニット50の内部構成を示すブロック図。

【図5】実施例におけるウェハの位置合わせ処理の概要を示す説明図。

【図6】実施例におけるウェハの位置合わせ処理の全体手順を示すフローチャート。

【図7】図6のステップT1に示す基準ウェハWF1を用いたプリアライメント前処理の手順を示すフローチャート。

【図8】基準ウェハWF1のノッチNTを撮像する際の処理を示す説明図。

【図9】ノッチテンプレート画像TMNとして指定される領域およびノッチ基準点PNを示す説明図。

【図10】基準ウェハWF1の中心付近を撮像する際の処理を示す説明図。

【図11】図10に示す撮像領域FVに含まれ得る種々のパターンを示す説明図。

【図12】3種類の基準テンプレート画像TMC1~TMC3の詳細を示す説明図。

【図13】本実施例における基準テンプレート画像TMCの領域およびウェハ基準点PCを決定する際の処理を示す説明図。

【図14】登録された基準テンプレート画像の回転対称性に関する属性情報を決定する手順を示すフローチャート。

【図15】回転テンプレート画像の作成方法を示す説明図。

【図16】図6のステップT2に示す基準ウェハWF1を用いたファインアライメント前処理の手順を示すフローチャート。

【図17】R $\theta$ ステージ130を制御して、撮像領域FVをウェハの中心付近から測定点付近に移動させる際の処理を示す説明図。

【図18】測定点を含む撮像領域FVを示す説明図。

【図19】本実施例におけるステージ座標系とウェハ座標系との関係を示す説明図。

【図20】図6のステップT3に示す被測定ウェハWF2を用いたプリアライメント処理の手順を示すフローチャート。

【図21】被測定ウェハ上における基準候補点を求める

手順を示すフローチャート。

【図22】準備された複数の回転テンプレート画像TMCrの一部を示す説明図。

【図23】ステップS302bにおけるパターンマッチング処理の結果から求められる基準候補点を示す説明図。

【図24】図23(a)に示すウェハ基準点の基準候補点に対応して生成されたウェハ座標系をステージ座標系とともに示す説明図。

【図25】図23(b)に示すウェハ基準点の2つの基準候補点に対応して生成された2つのウェハ座標系をステージ座標系とともに示す説明図。

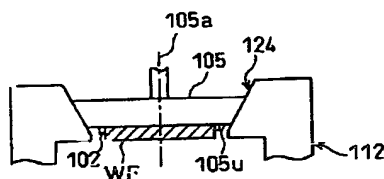
【図26】図6のステップT4に示す被測定ウェハWF2を用いたファインアライメント処理の手順を示すフローチャート。

【図27】被測定ウェハWF2上において特定されたウェハ座標系とステージ座標系との関係を示す説明図。

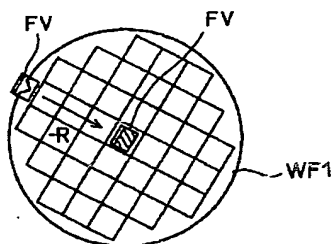
【符号の説明】

- 30…制御操作ユニット
- 31…表示部
- 32…操作部
- 33…制御部
- 34…ステージ駆動部
- 35…ステージ座標読み込み部
- 50…画像処理ユニット
- 100, 105…ウェハ保持部
- 100a, 105a…ウェハ保持部の中心軸
- 100u, 105u…ウェハ保持部の下面
- 102…ガイドリング
- 110, 112…フレーム
- 120, 124…位置決め部
- 120a~120c…部分位置決め部
- 121…中心軸調整機構
- 122…平行度調整機構
- 130…R $\theta$ ステージ
- 131… $\theta$ ステージ
- 132…Rステージ
- 136…モニタ
- 138…磁気ディスク
- 139…測定情報
- 140…光学ユニット
- 150…回転方向限定手段
- 152…撮像位置決定手段
- 154…パターンマッチング手段
- 158…回転方向決定手段
- 160…基準位置決定手段
- 162…測定位置決定手段
- 164…座標変換手段
- 210…CPU
- 212…バスライン
- 214…ROM
- 216…RAM
- 218…画像メモリ
- 240…入出力インタフェース
- CP…チップ
- NT…ノッチ
- SL…スクライブライン
- WF…半導体ウェハ
- WF1…基準ウェハ
- WF2…被測定ウェハ

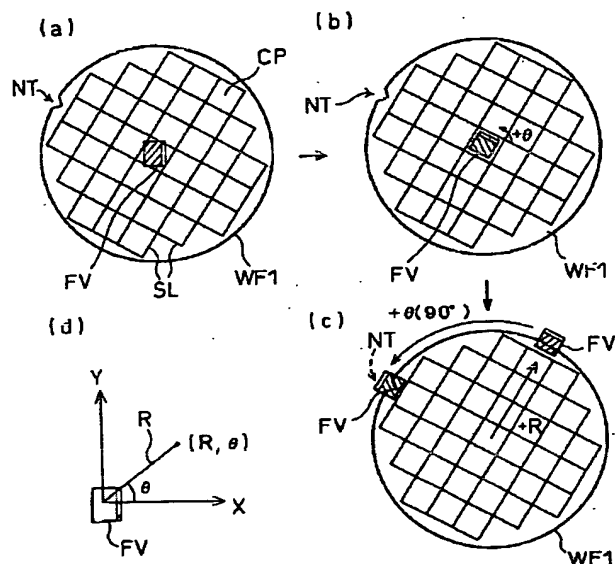
【図3】



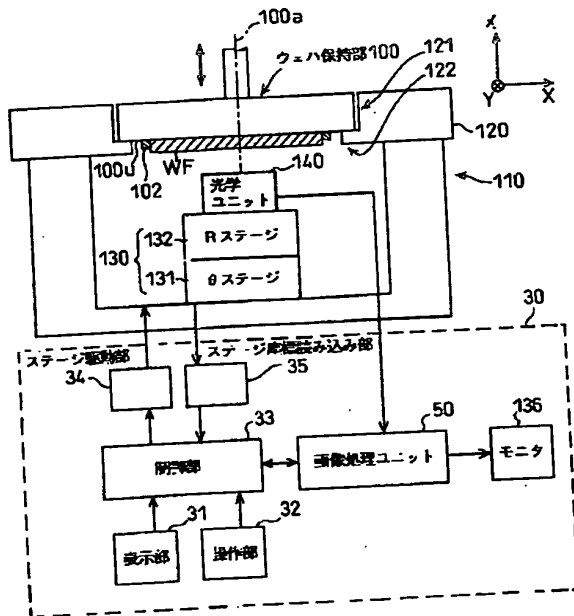
【図10】



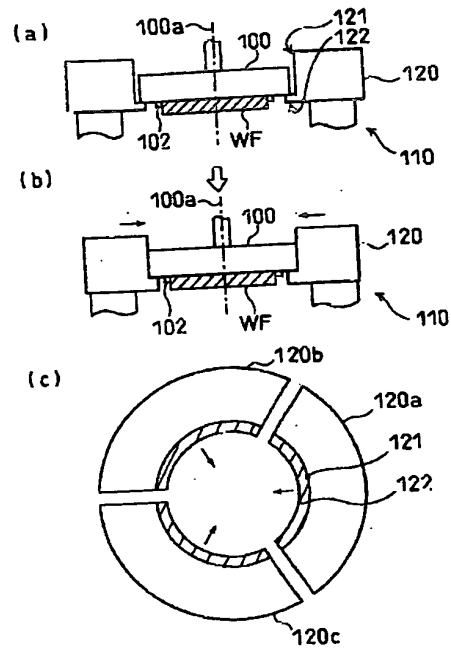
【図8】



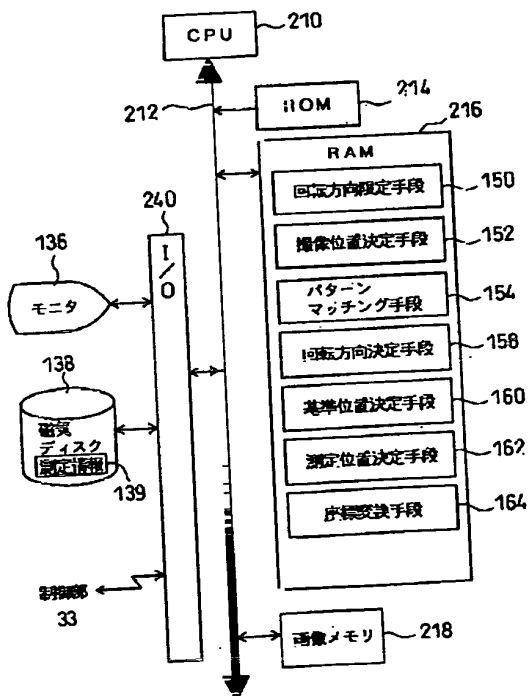
【図1】



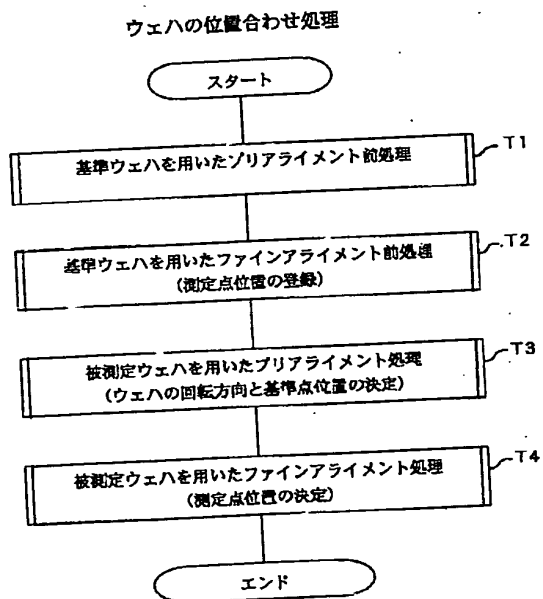
【図2】



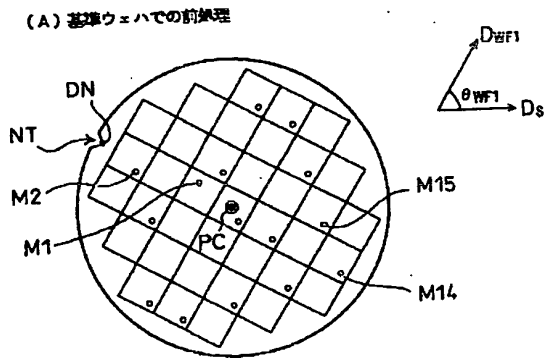
【図4】



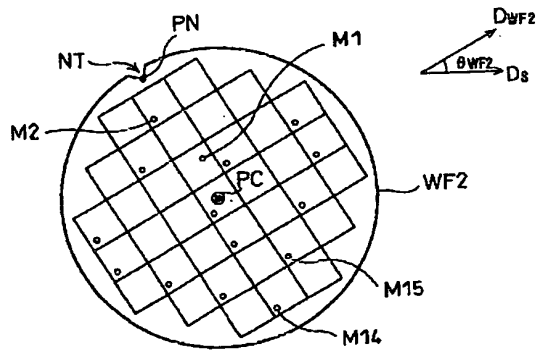
【図6】



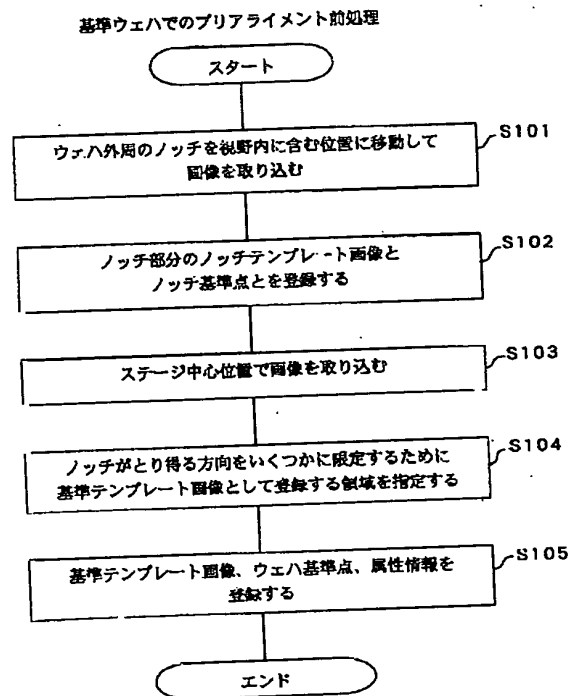
【図5】



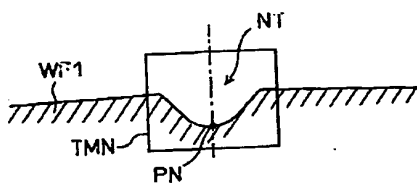
(B) 被測定ウェハでのアライメント処理



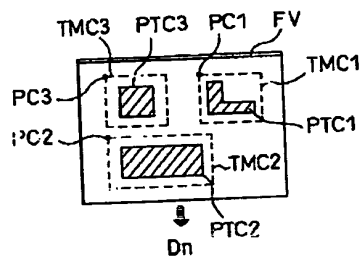
【図7】



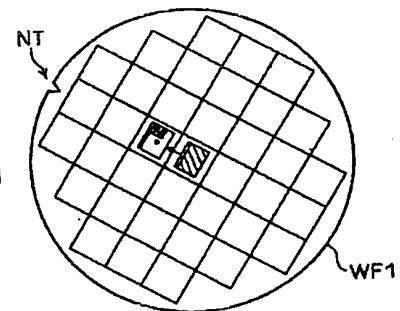
【図9】



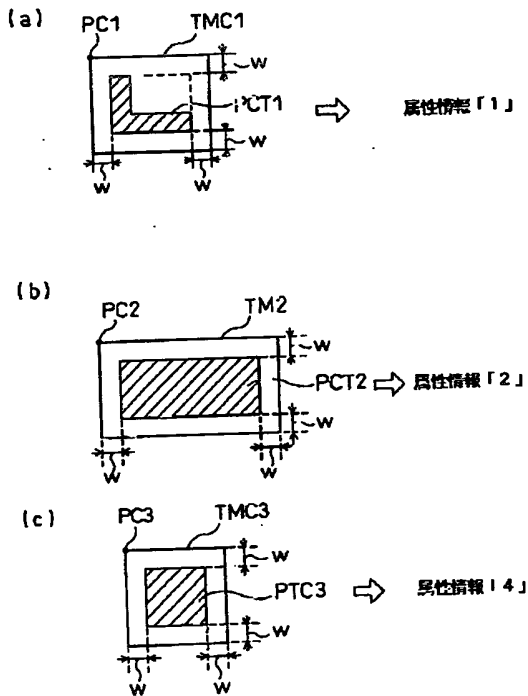
【図11】



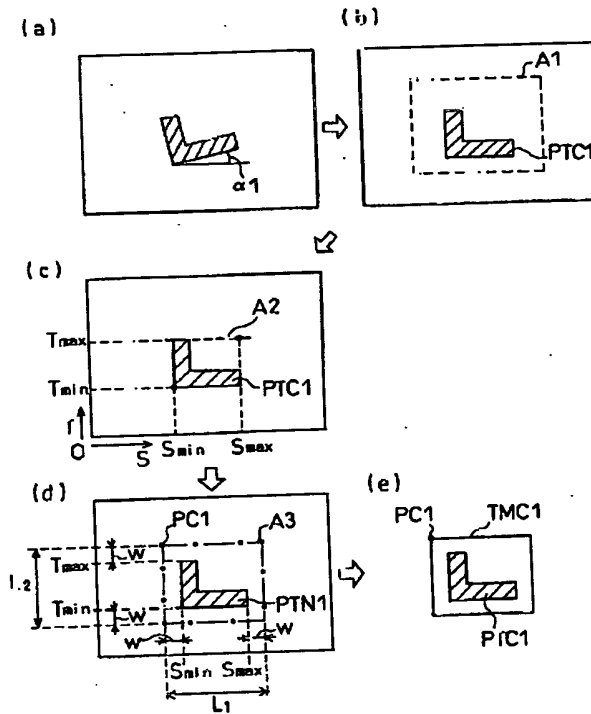
【図17】



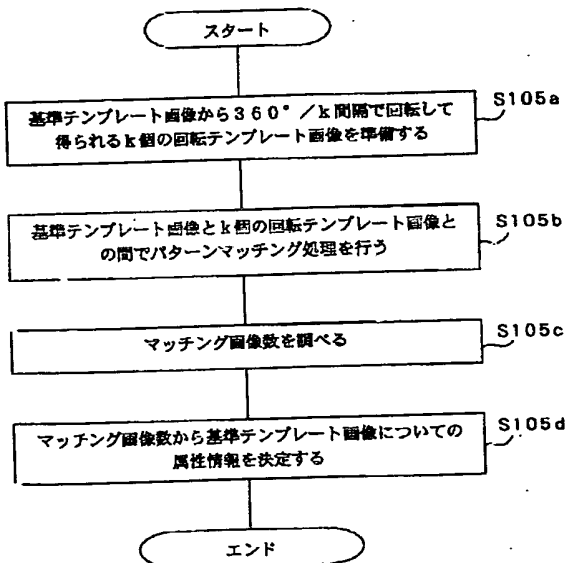
【図12】



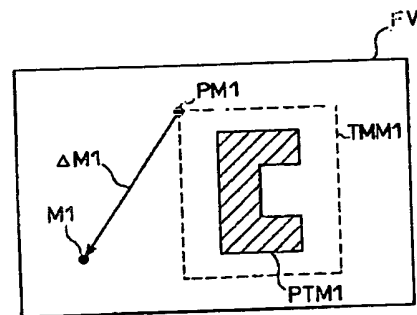
【図13】



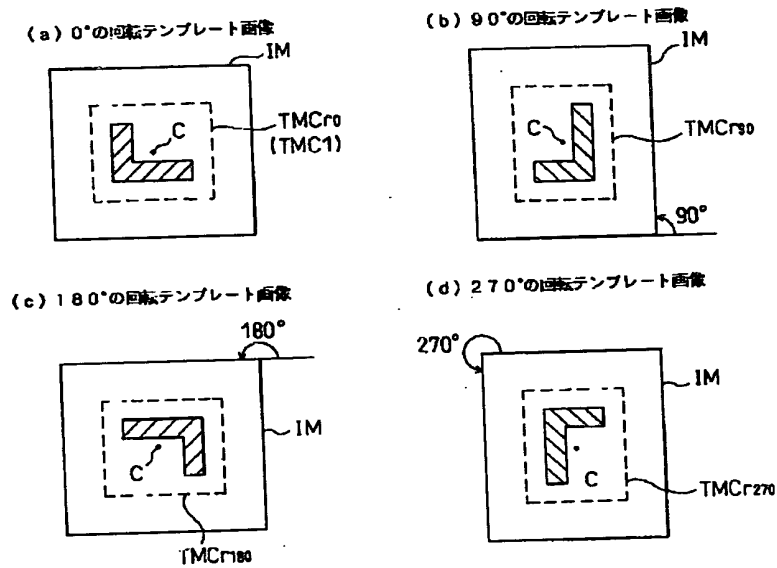
【図14】



【図18】

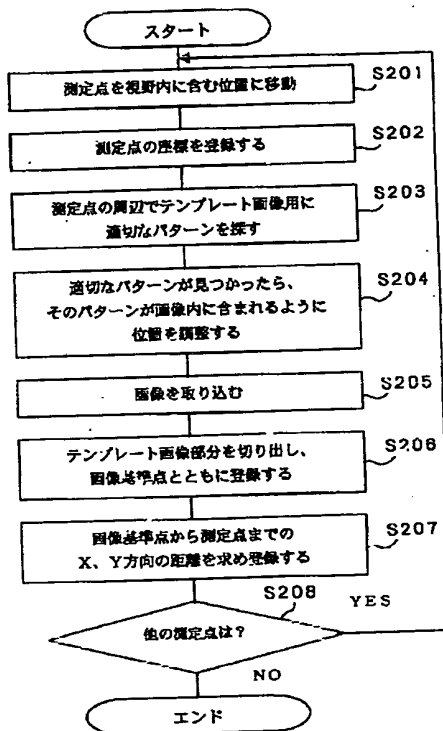


【図15】

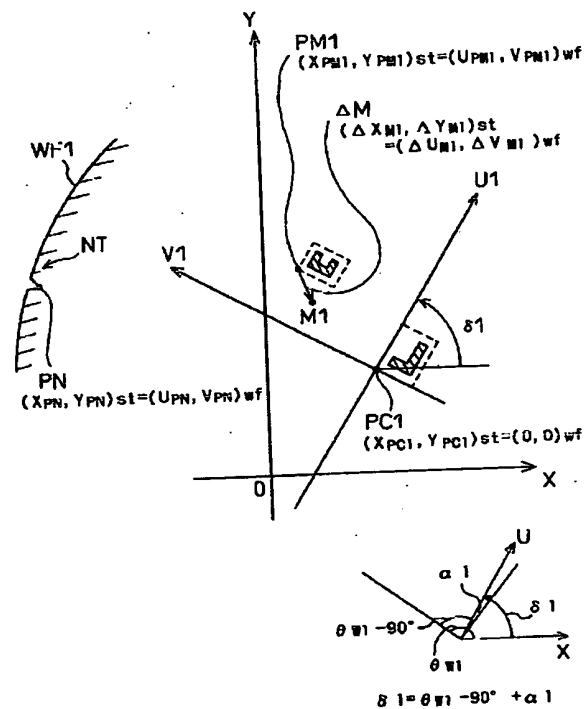


【図16】

基準ウェハでのファインアライメント前処理

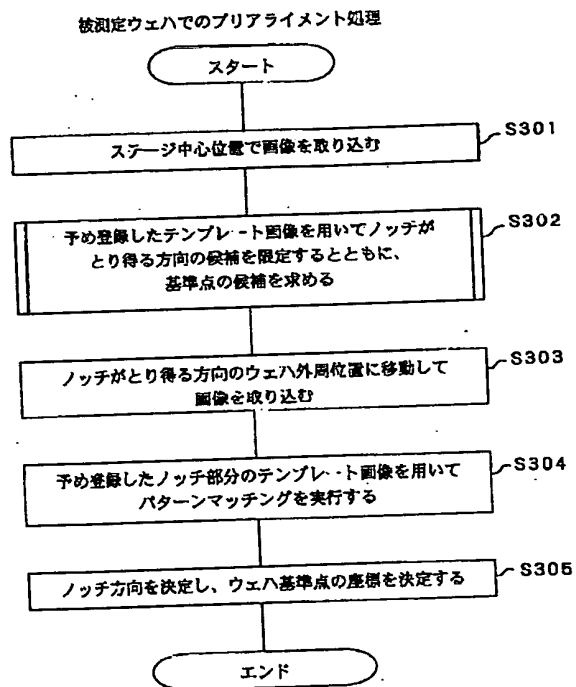


【図19】

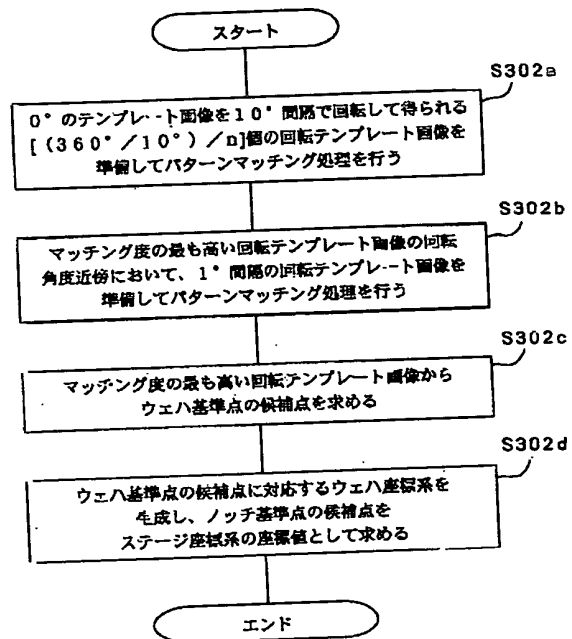




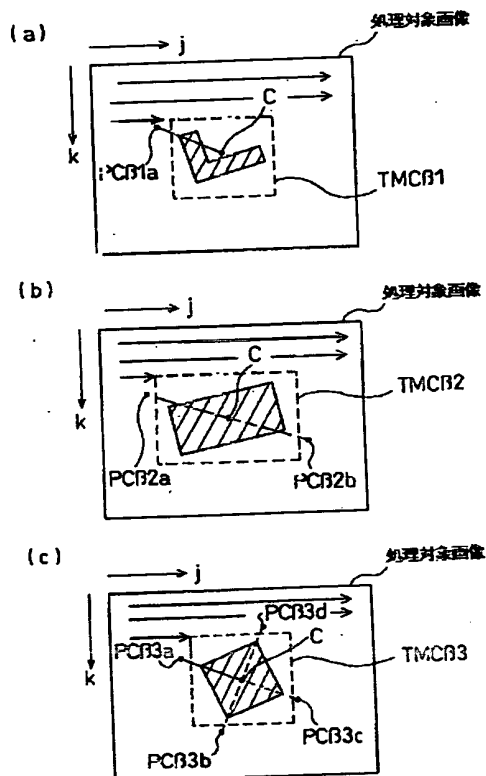
【図20】



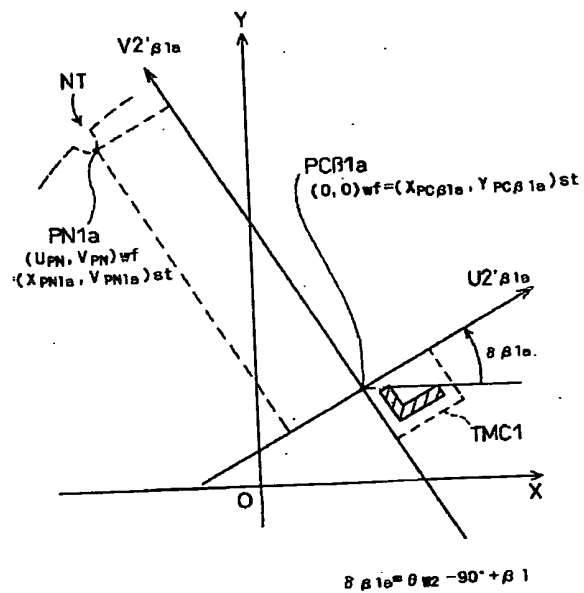
【図21】



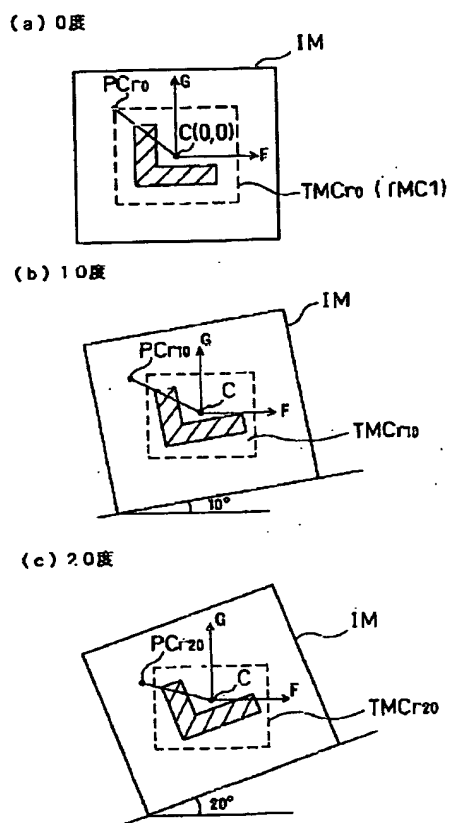
【図23】



【図24】

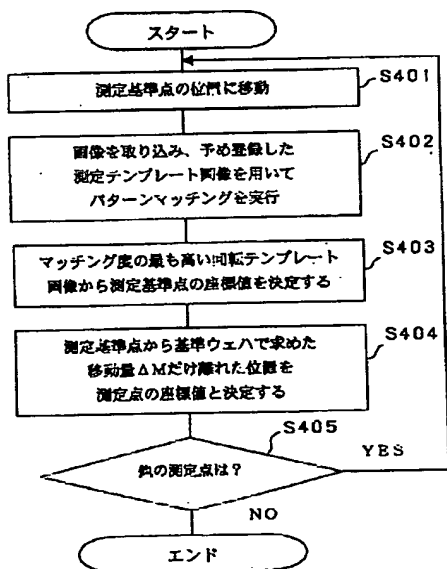


【図22】

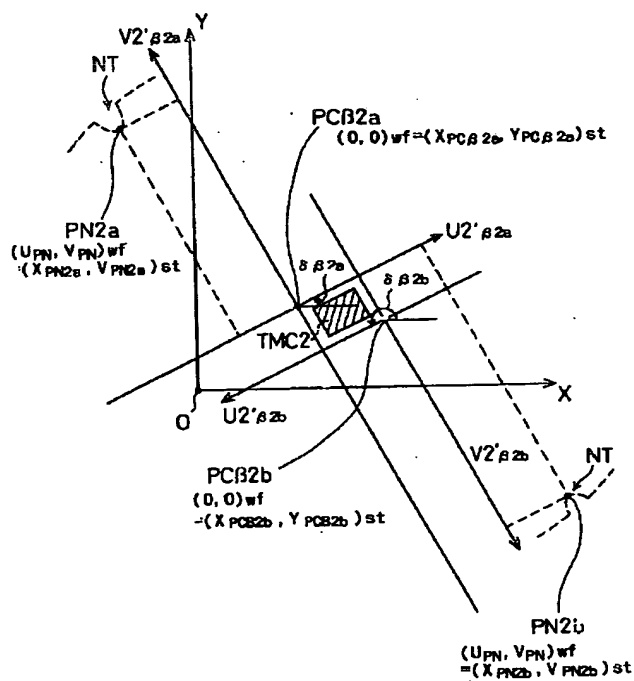


【図26】

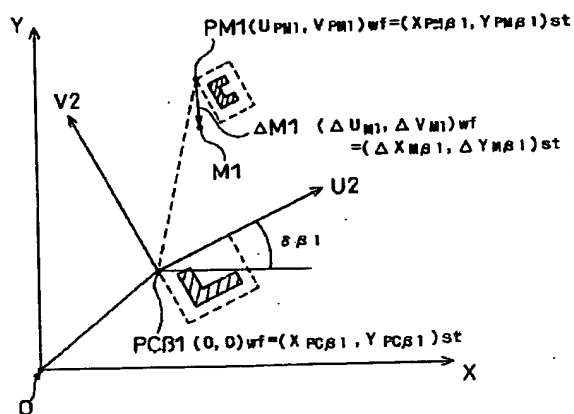
被測定ウェハでのファインアライメント処理



【図25】



【図27】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**